Т.Ш. Мукушев, С.А. Писаренко

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ10, ВЛ10^{У}, ВЛ10^{К}, ВЛ11. КОНСТРУКЦИЯ И РЕМОНТ

Рекомендовано
Московским государственным университетом путей сообщения
к использованию в качестве учебного пособия в образовательных учреждениях, реализующих образовательные программы СПО и профессиональной подготовки по специальности 190623 «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог».
Регистрационный номер рецензии 413
от 9 октября 2014 г. базового учреждения
ФГАУ «Федеральный институт развития образования»

Москва
2015

УДК 629.423.1
ББК 39.232
М90

Рецензенты: начальник отдела технологии ремонта локомотивов и оборудования Дирекции по ремонту тягового подвижного состава — филиала ОАО «РЖД» *А.И. Минаенко*; преподаватель Санкт-Петербургского техникума железнодорожного транспорта *В.Г. Сафонов*

Мукушев Т.Ш., Писаренко С.А.
М90 Электрические машины электровозов ВЛ10, ВЛ10^{У}, ВЛ10^{К}, ВЛ11. Конструкция и ремонт: учеб. пособие. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. — 126 с.
ISBN 978-5-89035-814-1

Рассмотрены основные теоретические положения, касающиеся конструкции и ремонта электрических машин электровозов ВЛ10, ВЛ10^{У}, ВЛ10^{К}, ВЛ11. Приведены технические характеристики и иллюстрации конструкций отдельных узлов и сборочных единиц, оборудования и приспособлений, применяемых при ремонте электрических мащин.

Предназначено для студентов колледжей, техникумов и учащихся образовательных учреждений железнодорожного транспорта, осуществляющих профессиональную подготовку по специальности 190623 «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог», а также для работников, связанных с эксплуатацией и ремонтом электровозов ВЛ10, ВЛ10^{У}, ВЛ10^{К}, ВЛ11.

УДК 629.423.1
ББК 39.232

ISBN 978-5-89035-814-1

Глава 1. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИИ

1.1. Общие сведения

В процессе работы, транспортирования и хранения электрическая машина испытывает целый комплекс механических и тепловых воздействий, а также действие солнечной радиации, пыли, коррозионно-активных элементов и т.д. Механические нагрузки обусловлены центробежными силами и вибрациями, реакцией передачи, электромагнитными силами, возникающими в рабочем режиме и особенно значительными при переходных процессах. Тепловые воздействия связаны с окружающей средой и различными видами потерь в самой машине. Наиболее опасны тепловые воздействия на электрическую изоляцию, в которой при температурах, превышающих допустимую, процесс теплового старения развивается весьма интенсивно.

При выборе материалов исходят не только из их физических свойств (механической прочности, электрической проводимости, нагревостойкости и т.п.), но и из их цены и дефицитности. Если физические свойства материалов определяют энергетические показатели машины, ее надежность и технологичность, то их стоимость существенно влияет на экономичность работы машины.

Материалы, применяемые в электромашиностроении, разделяются на конструкционные, активные и электроизоляционные.

Конструкционные материалы применяются для изготовления деталей машины, преимущественным назначением которых является восприятие и передача механических нагрузок, а также обеспечение требуемой степени защиты, охлаждения, смазки и т.д. (станины, подшипниковые щиты, валы, жалюзи, уплотнители, вентиляторы и т.д.). В качестве конструкционных материалов используют сталь, чугун, цветные металлы и их сплавы, пластмассы. Подробнее вопросы выбора конструкционных материалов изложены в главах, посвященных конструированию электрических машин.

Активные материалы служат для создания в электрической машине необходимых условий для протекания электромагнитных процессов и подразделяются на магнитные и проводниковые.

Электроизоляционные материалы предназначены для электрической изоляции обмоток и других токоведущих частей машины.

Некоторые детали и сборочные единицы машины работают в сложных физических условиях и выполняют функции как конструкционных, так и активных (например, станины машин постоянного тока). К таким материалам предъявляются смешанные требования. Например, хорошие магнитные свойства материала или его электропроводящие свойства должны сочетаться с механической прочностью.

1.2. Магнитные материалы

Магнитные материалы применяют для изготовления магнитопроводов. Одним из основных требований, предъявляемых к магнитным материалам, является высокая магнитная проницаемость, т.е. чтобы требуемый магнитный поток в машине создавался возможно меньшей магнитодвижущей силой (МДС) обмотки возбуждения.

Некоторые элементы магнитопроводов электрических машин (сердечники статоров машин переменного тока, якорей машин постоянного тока и т.п.) подвержены перемагничиванию, что вызывает потери энергии на вихревые токи и на перемагничивание (гистерезис).

К магнитным материалам, из которых изготавливаются такие элементы магнитопроводов, предъявляются еще и требования минимальных потерь на перемагничивание и повышенное удельное электрическое сопротивление. Последнее способствует уменьшению потерь на вихревые токи.

В настоящее время наилучшим магнитным материалом, удовлетворяющим всем перечисленным требованиям, является тонколистовая электротехническая сталь. Широкий диапазон электромагнитных свойств электротехнической стали достигается изменением содержания кремния. Обычно сталь с меньшим содержанием кремния имеет меньшую магнитную проницаемость и большие удельные потери, но и большее значение индукция насыщения. С повышением содержания кремния возрастает хрупкость стали,

что создает определенные трудности при штамповке (образование трешин). Это обстоятельство ограничивает применение высоколегированных электротехнических сталей для изготовления сердечников при небольших размерах зубцов и пазов. По способу прокатки стали подразделяются на холодно- и горячекатаные.

Тонколистовая холоднокатаная электротехническая сталь выпускается в виде рулонов, листов и резаной ленты. Это позволяет автоматизировать штамповку, что значительно повышает производительность труда и уменьшает отходы. Горячекатаная электротехническая сталь выпускается в листах.

Обозначение марки стали состоит из четырех цифр:

• *первая цифра* — класс по виду прокатки и структурному состоянию:

1 — горячекатаная;

2 — холоднокатаная изотропная (имеющая одинаковые магнитные свойства вдоль и поперек направления проката);

3 — холоднокатаная анизотропная (магнитные свойства вдоль направления проката лучше, чем поперек);

• *вторая цифра* — содержание кремния:

0 — до 0,4 % (нелегированная);

1 — 0,4—0,8 %;

2 — 0,8—1,8 %;

3 — 1,8—2,8 %;

4 — 2,8—3,8 %;

5 — 3,8—4,8 %;

• *третья цифра* — группа по основному нормируемому показателю:

0 — удельные потери при магнитной индукции 1,7 Тл и частоте 50 Гц;

1 — то же 1,5 Тл и частоте 50 Гц;

2 — то же 1,0 Тл и частоте 400 Гц;

6 — то же в слабых магнитных полях при напряженности поля 0,4 А/м;

7 — то же в средних магнитных полях при напряженности поля 10 А/м;

• *четвертая цифра* — порядковый номер типа стали (например, Ст1, Ст3 и т.д.).

В обозначение сталей с повышенным содержанием марганца после цифры добавляется буква Г, например, Ст3Гсп и т.д.

Элементы магнитопровода, изготавливаемые из листовой электротехнической стали, имеют шихтованную конструкцию, т.е. выполняются в виде пакета выштампованных листов, изолированных друг от друга изоляционной пленкой (лак, оксидная пленка), которая предназначена для уменьшения потерь на вихревые токи. Заполнение такого пакета сталью зависит от толщины листов стали, толщины изоляционной пленки, качества поверхности листов и усилия запрессовки и учитывается коэффициентом заполнения пакета сталью (k_c), равным отношению сечения чистой стали (без изоляции) ко всему сечению пакета.

В современных единых сериях асинхронных двигателей (4А) и машин постоянного тока (2П) преимущественное применение получили холоднокатаные изотропные стали марок 2013, 2312 и 2411.

Холоднокатаные изотропные стали обладают высокими магнитными свойствами, хорошим качеством поверхности, малой разнотолщинностью. Применение этих сталей позволит существенно улучшить энергетические показатели и уменьшить массу электрических машин.

Для изготовления сердечников главных полюсов применяют листовую конструкционную сталь толщиной 1—2 мм либо анизотропную холоднокатаную электротехническую сталь марки 3411 толщиной 1 мм. При изготовлении сердечников из анизотропной стали необходимо, чтобы продольная ось полюса совпадала с направлением проката стали. Применение холоднокатаной стали марки 3411 для сердечников главных полюсов позволяет уменьшить магнитное рассеяние добавочных полюсов и ослабить размагничивающее действие реакции якоря. Объясняется это тем, что магнитный поток обмотки якоря, проходя «поперек» сердечников главных полюсов, т.е. перпендикулярно направлению проката электротехнической стали, испытывает повышенное магнитное сопротивление, что и ведет к уменьшению этого потока.

Станины машин постоянного тока изготавливают из стальных цельнотянутых труб либо гнут и сваривают из стального листа марки Ст3. В некоторых случаях станины делают шихтованными из электротехнической стали.

1.3. Электроизоляционные материалы

Свойства электроизоляционных материалов (ЭИМ) во многом определяют эксплуатационную надежность, габаритные размеры, массу и стоимость машины, поэтому требования к ним весьма разнообразны.

Требования к изоляции электрических машин. Изоляция любой детали электрической машины должна сохранять высокую надежность в течение всего периода эксплуатации, что определяется, главным образом, их высокой электрической прочностью.

Если поместить лист электроизоляционного материала между двумя электродами и постепенно повышать напряжение между ними, то при каком-то значении напряжения произойдет пробой: электрический разряд пройдет сквозь слой изоляции и электроды замкнутся. Это напряжение называется пробивным. Чем выше пробивное напряжение, тем больше электрическая прочность изоляции. Современные электроизоляционные материалы обладают очень высоким пробивным напряжением, например, пробивное напряжение пленки лавсана толщиной 0,05 мм достигает 9,5 кВ. Однако такое высокое пробивное напряжение имеют изоляционные материалы непосредственно после изготовления. Любые механические воздействия (изгибы, растяжения и т.д.) уменьшают их электрическую прочность.

В процессе сборки различных деталей электрической машины изоляционный материал приходится неоднократно изгибать, формовать, придавать ему нужную конфигурацию, опрессовывать, добиваясь монолитности слоев изоляции. Во время укладки обмотки в пазы ее изоляция подвергается изгибам, растяжению, иногда ударам и другим механическим воздействиям. Поэтому к изоляционным материалам, применяемым в электрических машинах, помимо высокой электрической прочности, предъявляют также ряд требований, определяемых технологией изготовления изоляции: материал должен легко формоваться и сохранять после формовки приданные ему свойства, не повреждаться при перегибах и растяжениях, при сжатии, опрессовке и укладке в пазы.

В процессе работы машины изоляция подвергается вибрациям, большим механическим напряжениям при резких изменениях тока, а кроме того, на изоляцию вращающихся деталей электричес-

кой машины действуют центробежные силы. Поэтому второе требование к изоляции электрических машин — ее высокая механическая прочность.

С течением времени изоляция стареет, ее свойства ухудшаются: она высыхает, становится хрупкой, ломкой, теряет механическую и электрическую прочность. Процесс старения изоляции ускоряется при ее нагревании. При небольшом нагреве свойства изоляции ухудшаются медленно, но если температура превысит определенный уровень, то этот процесс резко ускоряется. Уровень длительно допускаемой температуры определяется нагревостойкостью изоляции.

Нагревостойкость — способность материала выполнять функции при воздействии рабочих температур в течение времени, определяемого сроком службы электрической машины.

По нагревостойкости все ЭИМ разделяются на семь классов, при этом каждому классу нагревостойкости соответствует своя предельно допустимая температура.

Таблица 1

Классы нагревостойкости ЭИМ

Класс нагревостойкости	Температура, °C	Электроизоляционные материалы
1	2	3
Y	90	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка, натурального шелка
A	105	Волокнистые материалы из целлюлозы, хлопка, натурального или синтетического шелка, пропитанные или погруженные в жидкий диэлектрик
E	120	Синтетические органические материалы (пленки, смолы и др.) и материалы или простые сочетания материалов, для которых на основании практического опыта или соответствующих испытаний установлено, что они могут работать при температуре, соответствующей данному классу
B	130	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые с органическими связующими или пропитывающими составами

Окончание табл. 1

1	2	3
F	155	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с синтетическими связующими и пропитывающими составами, которые соответствуют данному классу нагревостойкости
H	180	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолокна, применяемые в сочетании с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами, кремнийорганические эластомеры
C	более 180	Слюда, керамические материалы, стекло, кварц или их комбинации, применяемые без связующих или с неорганическими и элементоорганическими составами. Температура применения этих материалов определяется их физическими, химическими, механическими и электрическими свойствами

Эксплуатация ЭИМ в соответствии с температурами, указанными для каждого класса нагревостойкости, обеспечивает ему длительный срок службы (20—25 лет) без заметной потери изоляционных и механических свойств. Если этот материал используют при температурах, превышающих указанные для соответствующего класса нагревостойкости, то срок службы изоляции резко сокращается, что объясняется интенсивным тепловым старением материала, сопровождаемым утратой им электроизоляционных свойств и механической прочности.

Нагрев электрической машины определяется не только потерями, но и температурой окружающей среды. Поэтому тепловое состояние машины оценивают по превышению температуры ее частей над температурой окружающего воздуха, которая принимается равной 40°. ГОСТ 183—74 устанавливает предельно допустимое превышение температуры обмоток в зависимости от типа машины и класса нагревостойкости их изоляции.

Способность изоляции проводить теплоту от проводников обмотки к окружающему воздуху называется ее теплопроводностью.

Проводники, окруженные слоем изоляции из материала, плохо проводящего теплоту, будут нагреваться сильнее, чем при ее хорошей теплопроводности, их температура возрастает и процесс старения изоляции ускоряется. Чтобы избежать этого, для изоляции применяют материалы с высокой теплопроводностью, а выполняют ее по возможности без включений воздуха, для чего катушки обмоток после наложения на них изоляции или после укладки обмотки в пазы пропитывают электроизоляционными лаками. Лак заполняет все пустоты между слоями изоляции и проводниками обмотки, повышает теплопроводность и механическую прочность изоляции.

Электрическая прочность изоляции в значительной степени зависит от содержания в ней влаги, в то же время электрические машины не всегда работают в помещениях с сухим воздухом. Если материал изоляции пористый, то влага из воздуха проникает в его поры и резко уменьшает электрическую прочность. Свойство материала впитывать влагу из воздуха называют гигроскопичностью. Чтобы электрическая прочность изоляции не снижалась во влажных помещениях, она должна обладать малой гигроскопичностью. Это качество изоляции называют влагостойкостью. Пропитка в лаках резко улучшает влагостойкость изоляции, так как лак препятствует проникновению влаги внутрь изоляции.

Изоляционные материалы, применяемые для изоляции электрических машин, можно разделить на несколько групп: синтетические; материалы, изготовляемые на основе слюды; стекловолокнистые, т.е. сделанные из стеклянных волокон; и материалы, основой которых служат целлюлоза и хлопчатобумажные волокна. В некоторых конструкциях для изоляции применяются картоны и материалы, получаемые из асбеста; пряжи, ткани, бумаги. Основными материалами для изоляции обмоток машин низкого (до 660 В) напряжения являются синтетические: различные олиэтилентерафталатные (ПЭТФ) пленки типа лавсан, полиамидные бумаги, картоны и др.

Пленки имеют малую толщину (0,05—0,06 мм) и большую электрическую прочность. Их применяют в сочетании с подложками из бумаги или картона, улучшающими механические свойства изоляции. При этом электрическая прочность и нагревостойкость такого композиционного материала, как, например, пленкоэлектрокартон, определяются свойствами самой пленки и подложки.

Для изоляции обмоток высоковольтных электрических машин с номинальным напряжением 3000 В и выше применяют изоляционные материалы на основе слюды — минерала, который встречается в природе в виде кристаллов, легко расщепляющихся на пластинки. Тонкие пластинки — лепестки толщиной менее сотой доли миллиметра называют *щепаной* слюдой.

Склеивая лепестки слюды, получают различные электроизоляционные материалы — *миканиты*. Для увеличения их механической прочности лепестки слюды в некоторых материалах наклеивают на подложку из бумаги или стеклоткани. Подложки предохраняют слюдяной слой от расслаивания при изгибе материала. В зависимости от сорта слюды, способов изготовления, клеящего лака, наличия или отсутствия подложек различают несколько сортов миканита.

Твердые миканиты изготавливают без подложек, горячим прессованием пластинок слюды с термореактивным связующим. Они применяются для получения плоских, не подвергающихся изгибам изоляционных прокладок и имеют большую механическую прочность. К твердым миканитам относится, например, коллекторный, из которого изготавливают прокладки для изоляции коллекторных пластин (ламелей) друг от друга.

Формовочные миканиты в отличие от твердых после изготовления сохраняют способность принимать ту или иную форму при прессовании в нагретом состоянии и сохранять ее после охлаждения. Они применяются в основном для изоляции коллекторов (фигурные коллекторные манжеты), различных втулок, каркасов катушек и других фасонных изоляционных деталей. К особой разновидности формовочного миканита относится микафолий — тонкий листовой материал, состоящий из пластинок слюды, наклеенных на подложку из бумаги или стеклоткани (стекломикафолий). Он используется для изготовления твердой гильзовой изоляции обмоток. Микафолий с бумажной подложкой относится к классу нагревостойкости В, стекломикафолий — в зависимости от связующего состава может быть использован в изоляции классов В, F или Н. Общий вид деталей из электроизоляционных материалов показан на рис. 1.

Гибкие миканиты отличаются от твердых и формовочных гибкостью при нормальной температуре, которую сохраняют после нагре-



Рис. 1. Общий вид деталей из электроизоляционных материалов

ва и охлаждения. Они применяются для изоляции различных частей обмоток в пазовой и лобовой частях, прокладок и т.п. Разновидностью гибкого миканита является микалента — ленточный материал толщиной 0,13 или 0,17 мм из склеенных пластинок слюды с двухсторонней подложкой из микалентной бумаги или стеклоленты (стекломикалента). Их применяют главным образом для изоляции обмоток высоковольтных машин. В зависимости от клеяшего состава и материала подложек микаленты относятся к классам нагревостойкости B, F или H. Микалента поступает свернутой в ролики и упакованной в плотно закрытые жестяные коробки. Вынутая из коробки микалента должна быть сразу же использована, так как на воздухе она быстро пересыхает и становится непригодной.

Изготовление материалов на основе щепаной слюды — чрезвычайно трудоемкий процесс и до сих пор не механизированный, так как требуется предварительное расщепление кристаллов слюды на пластинки (отсюда название — щепаная слюда), их калибровка и равномерная наклейка по слоям на подложку. В настоящее время применяют материалы, в которых используются не пластинки слюды, а ее мелкие чешуйки, полученные механическим раздроблением кристаллов. Из чешуек изготавливают слюдинитовую бумагу, которая служит основой для ряда изоляционных материа-

лов, аналогичных миканитам. С помощью связующих материалов и подложек из стеклоткани получают коллекторный и формовочный слюдиниты, гибкие слюдиниты и стеклослюдиниты, слюдинитофолий и стеклослюдинитофолий, слюдинитовые и стеклослюдинитовые ленты и другие материалы, вполне заменяющие миканиты. В то же время они намного дешевле и технологичнее, чем изоляционные материалы на основе щепаной слюды.

Из более крупных чешуек слюды изготавливают слюдопластовые материалы, аналогичные слюдинитовым, но имеющим более высокие механические свойства (коллекторный, формовочный прокладочный слюдопласт, слюдопластофолий, слюдопластовые ленты и т.п.). Эти материалы не уступают по своим электрическим свойствам соответствующим сортам миканитов, но превосходят их по гибкости, поэтому широко используются в современных изоляционных конструкциях. Изоляционные материалы, изготовленные из стеклянного волокна, — стеклоленты и стеклоткани, обладают высокой нагревостойкостью и большой прочностью на разрыв, но они нестойки к истиранию и повреждаются при многократных изгибах. Их используют как вспомогательные при изолировании обмоток, а также в качестве подложек для изготовления стекломиканитов и композиционных материалов на основе слюдинитов, например стеклослюдинита. Пропитка лаком повышает их механическую прочность, но снижает нагревостойкость, так как сами стекловолокнистые материалы имеют большую нагревостойкость, чем пропитывающие лаки.

Среди *стекловолокнистых материалов* следует выделить стеклоленты из нетканого стекловолокна, имеющие очень большую прочность на разрыв. Их используют для бандажирования лобовых частей обмоток, расположенных на роторах, вместо ранее применявшейся для этой цели стальной бандажной проволоки.

Из *целлюлозы* делают различные бумаги и электрокартон, а из хлопчатобумажной пряжи — полотна и ленты. Электрическая прочность этих материалов невелика, но они дешевы, легко изгибаются и имеют сравнительно большую механическую прочность. Их применяют для механической защиты других, менее прочных изоляционных материалов и в качестве прокладок. По нагревостойкости они относятся к классу Y. Пропитка лаком повышает их нагревостойкость до класса А. Пропитанные лаком хлопчатобумажные

ткани носят название лакотканей. Раньше их широко применяли в обмотках классов нагревостойкости изоляции А. В изоляции современных машин вместо хлопчатобумажных лент и тканей почти всегда применяют стеклоленты и стеклоткани.

Изоляционные материалы на основе асбеста обладают высокой нагревостойкостью и механической прочностью, но в электрических машинах находят ограниченное применение из-за их низкой теплопроводности и высокой гигроскопичности.

1.4. Проводниковые материалы и обмоточные провода

В качестве проводниковых материалов в электромашиностроении широко применяется *электролитическая медь* и реже *рафинированный алюминий*. Необходимо иметь в виду, что основной параметр меди — электрическая проводимость — в значительной степени зависит от наличия даже небольшого количества примесей. Поэтому медь, предназначенная для электрических проводов, должна содержать не более 0,1 % примесей. При холодной протяжке медь подвергается наклепу, становится более твердой и ее удельное электрическое сопротивление возрастает. Отжиг возвращает меди первоначальные свойства.

Известно, что с ростом температуры удельное электрическое сопротивление меди и алюминия увеличивается. В соответствии с ГОСТ 183—74 расчетная рабочая температура принимается равной 75 °С — для обмоток с изоляцией классов нагревостойкости А, Е, В и 115 °С — для обмоток с изоляцией классов нагревостойкости F и Н.

Для изготовления *коллекторных пластин* применяют холоднокатаную медь (ГОСТ 3568—70) или медь с присадкой кадмия — кадмиевую медь (ГОСТ 4134—75), обладающую большей механической прочностью и меньшим износом на истирание.

Контактные кольца изготавливают из стали, чугуна или меди.

Щетки применяют для осуществления скользящего контакта с коллектором или с контактными кольцами в электрических машинах. Сырьем для изготовления щеток являются углеродсодержащие твердые компоненты (графит, сажа, кокс), связующие вешества (каменноугольная смола) и металлические порошки (медь, олово, свинец). Применяя различные виды сырья и используя определенные технологические процессы изготовления, получают большую

номенклатуру щеток с различными свойствами. Все щетки, применяемые в электрических машинах, разделяются на группы: металлографитную, угольно-графитную, графитную, электрографитированную. Щетки каждой группы характеризуются общностью состава, методов изготовления и областей применения.

Графитные щетки применяются в генераторах и двигателях с облегченными условиями коммутации и на контактных кольцах, а электрографитированные — в генераторах и двигателях со средними и затрудненными условиями коммутации и на контактных кольцах.

К *обмоточным проводам*, применяемым в электромашиностроении, предъявляются следующие требования: малая толщина изоляционного слоя, высокая механическая прочность при одновременной гибкости провода и эластичности изоляции, электрическая прочность и нагревостойкость изоляционного покрытия, высокая теплопроводность, стойкость к растворителям.

Для изолирования проволоки применяются волокнистая, эмалевая или эмаль-волокнистая виды изоляции.

Наибольшее применение получили обмоточные провода, изолированные слоем органической эмали (эмалированные провода), и провода с волокнистой изоляцией. При выборе обмоточного провода обычно отдают предпочтение проводам с эмалевой изоляцией, у которых толщина изоляционного покрытия в 1,5—3 раза меньше, чем у проводов с волокнистой и эмаль-волокнистой изоляцией.

Глава 2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

2.1. Принципы действия генератора и двигателя постоянного тока

Электрические машины — это электромеханические преобразователи, в которых осуществляется преобразование электрической энергии в механическую или механической в электрическую. Основное отличие электрических машин от других преобразователей в том, что они обратимы, т.е. одна и та же машина может работать в режиме двигателя, преобразуя электрическую энергию в механическую, и в режиме генератора, преобразуя механическую энергию в электрическую.

Характерным признаком коллекторных машин является наличие у них коллектора — механического преобразователя переменного тока в постоянный и наоборот. Необходимость в таком преобразователе объясняется тем, что в обмотке якоря коллекторной машины должен протекать переменный ток, так как только в этом случае в машине происходит непрерывный процесс электромеханического преобразования энергии.

На рис. 2 изображена упрощенная модель *коллекторного генератора постоянного тока*: между полюсами N и S постоянного магнита находится вращающаяся часть генератора — якорь, вал которого посредством шкива и ременной передачи механически связан с приводным двигателем (на рисунке не показан) — источником механической энергии. В двух продольных пазах на сердечнике якоря расположена обмотка в виде одного витка $abcd$, концы которого присоединены к двум медным изолированным друг от друга полукольцам, образующим простейший коллектор. На поверхность коллектора наложены щетки A и B, осуществляющие скользящий контакт с коллектором и связывающие генератор с внешней цепью, куда включена нагрузка сопротивлением R.

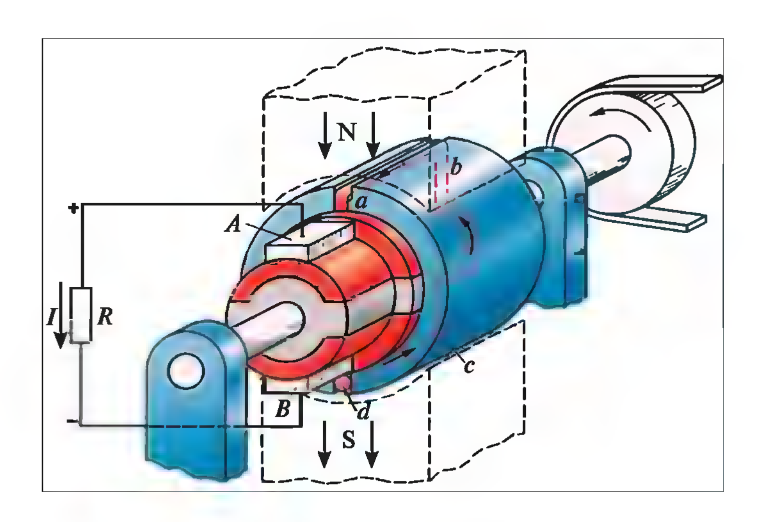


Рис. 2. Упрощенная модель коллекторной машины

Предположим, что приводной двигатель вращает якорь генератора против часовой стрелки, тогда в витке на якоре, вращающемся в магнитном поле постоянного магнита, наводится ЭДС, мгновенное значение которой $e = 2Blv$ (где B — магнитный поток, Ф; l — длина проводника, м; v — скорость магнитного потока, м/с), а направление (для положения якоря, изображенного на рис. 2) указано стрелками.

В процессе работы генератора якорь вращается и виток *abcd* занимает разное пространственное положение, поэтому в обмотке якоря наводится переменная ЭДС. Если бы в машине не было коллектора, то ток во внешней цепи (в нагрузке *R*) был бы переменным, но посредством коллектора и щеток переменный ток обмотки якоря преобразуется в пульсирующий ток во внешней цепи генератора, т.е. ток, неизменный по направлению. При положении витка якоря, показанном на рис. 2, ток во внешней цепи (в нагрузке) направлен от щетки *A* к щетке *B*; следовательно, щетка *A* является положительной, а щетка *B* — отрицательной. После поворота якоря на 180° (рис. 3, *а*) направление тока в витке якоря изменится на обратное, однако полярность щеток, а следовательно, и направление тока во внешней цепи (в нагрузке) останутся неизменными (рис. 3, *б*). Объясняется это тем, что в тот момент, ког-

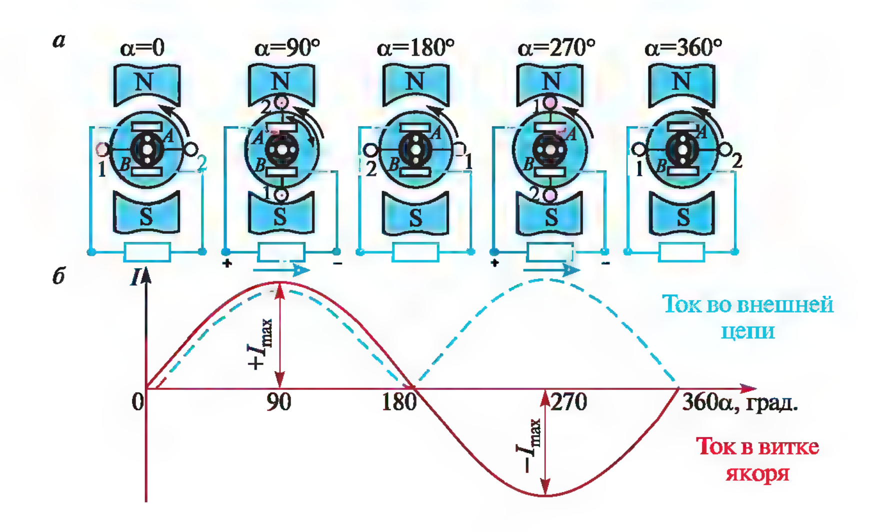


Рис. 3. Принцип действия генератора постоянного тока

да ток в витке якоря меняет свое направление, происходит смена коллекторных пластин под шетками. Таким образом, под щеткой *A* всегда находится пластина, соединенная с проводником, расположенным под северным магнитным полюсом, а под щеткой *B* — пластина, соединенная с проводником под южным полюсом. Благодаря этому полярность щеток генератора остается неизменной независимо от положения витка якоря. Что же касается пульсаций тока во внешней цепи, то они намного ослабляются при увеличении числа витков в обмотке якоря при их равномерном распределении по поверхности якоря и соответствующем увеличении числа пластин в коллекторе.

В соответствии с принципом обратимости электрических машин упрощенная модель машины постоянного тока может быть использована в качестве *двигателя постоянного тока.* Для этого необходимо отключить нагрузку генератора *R* и подвести к щеткам машины напряжение от источника постоянного тока. Например, если к щетке *A* подключить зажим «плюс», а к щетке *B* —«минус», то в обмотке якоря появится ток *I*, направление которого показано на рис. 4. В результате взаимодействия этого тока с магнит-

ным полем постоянного магнита (полем возбуждения) появятся электромагнитные силы $F_{эм}$, создающие на якоре электромагнитный момент M и вращающие его против часовой стрелки. После поворота якоря на 180° электромагнитные силы не изменят своего направления, так как одновременно с переходом каждого проводника обмотки якоря из зоны одного магнитного полюса в зону другого полюса в этих проводниках меняется направление тока.

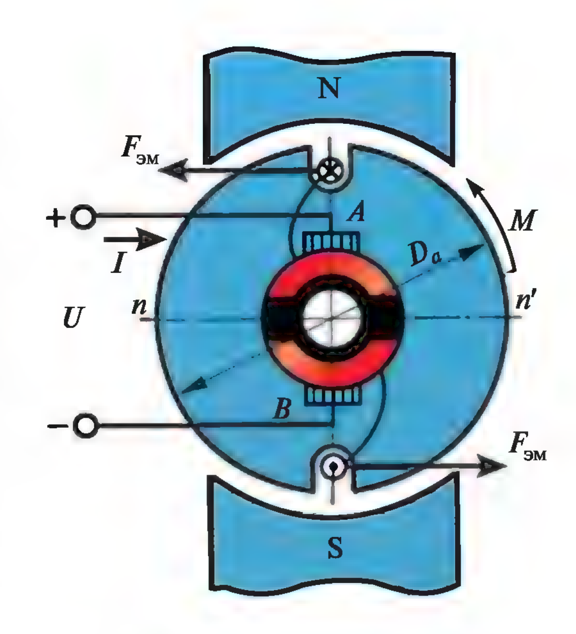


Рис. 4. Принцип действия двигателя постоянного тока

Таким образом, назначение коллектора и щеток в двигателе постоянного тока — изменять направление тока в проводниках обмотки якоря при их переходе из зоны магнитного полюса одной полярности в зону полюса другой полярности.

Рассмотренная упрощенная модель машины постоянного тока не обеспечивает двигателю устойчивой работы, так как при прохождении проводниками обмотки якоря геометрической нейтрали nn' (см. рис. 4) электромагнитные силы $F_{эм} = 0$ (магнитная индукция в середине межполюсного пространства равна нулю). Однако с увеличением числа проводников в обмотке якоря (при равномерном их распределении на поверхности якоря) и числа пластин коллектора вращение якоря двигателя становится устойчивым и равномерным.

2.2. Устройство коллекторной машины постоянного тока

В настоящее время электромашиностроительные заводы изготовляют электрические машины постоянного тока, предназначенные для работы в самых различных отраслях промышленности, поэтому отдельные узлы этих машин могут иметь разную конструкцию, но общая конструктивная схема машин одинакова. Неподвижная

часть машины постоянного тока называется статором, вращающаяся часть — якорем (рис. 5).

Статор. Состоит из станины *8*, сердечника *6* и обмотки главных полюсов *7*. Станина *8* служит для крепления полюсов и подшипниковых щитов и является частью магнитопровода, так как через нее замыкается магнитный поток машины. Станину изготовляют из стали — материала, обладающего достаточной механической прочностью и большой магнитной проницаемостью. В нижней части станины имеются лапы *12* для крепления машины к фундаментной плите, а по окружности станины расположены отверстия для крепления сердечников главных полюсов *6*. Обычно станину делают цельной из стальной трубы, либо сварной из листовой стали, за исключением машин с весьма большим наружным диаметром, у которых станину делают разъемной, что облегчает транспортировку и монтаж машины.

Главные полюсы предназначены для создания в машине магнитного поля возбуждения. Главный полюс состоит из сердечника *6*

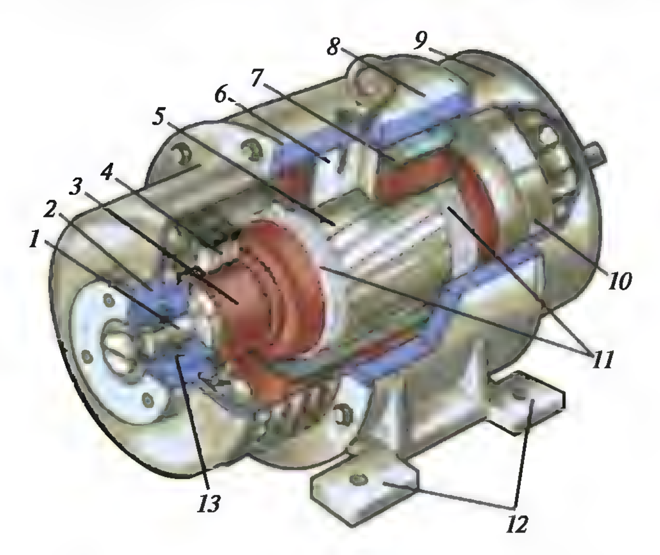


Рис. 5. Устройство машины постоянного тока:
1 — вал; *2* — передний подшипниковый щит; *3* — коллектор; *4* — щетка; *5* — сердечник якоря; *6* — сердечник главного полюса; *7* — обмотка главного полюса; *8* — станина; *9* — задний подшипниковый щит; *10* — вентилятор; *11* — бандаж; *12* — лапы; *13* — подшипник

и полюсной катушки 7. Со стороны, обращенной к якорю, сердечник полюса имеет полюсный наконечник, который обеспечивает необходимое распределение магнитной индукции в зазоре машины. Сердечники главных полюсов делают шихтованными из листовой конструкционной стали толщиной 1—2 мм или из тонколистовой электротехнической анизотропной холоднокатаной стали, например марки 3411. Штампованные пластины главных полюсов специально не изолируют, так как тонкая пленка окисла на их поверхности достаточна для значительного ослабления вихревых токов, наведенных в полюсных наконечниках пульсациями магнитного потока, вызванного зубчатостью сердечника якоря. Анизотропная сталь обладает повышенной магнитной проницаемостью вдоль проката, что должно учитываться при штамповке пластин и их сборке в пакет.

В машинах постоянного тока небольшой мощности полюсные катушки делают бескаркасными — намоткой медного обмоточного провода непосредственно на сердечник полюса, предварительно наложив на него изоляционную прокладку (рис. 6, *а*). В большинстве машин (мощностью 1 кВт и более) полюсную катушку делают каркасной: обмоточный провод наматывают на каркас (обычно пластмассовый), а затем надевают на сердечник полюса (рис. 6, *б*). В некоторых конструкциях машин полюсную катушку для более интенсивного охлаждения разделяют по высоте на части, между которыми оставляют вентиляционные каналы.

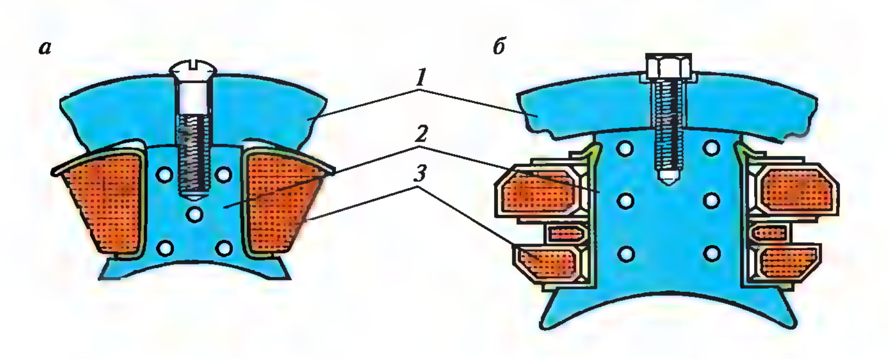
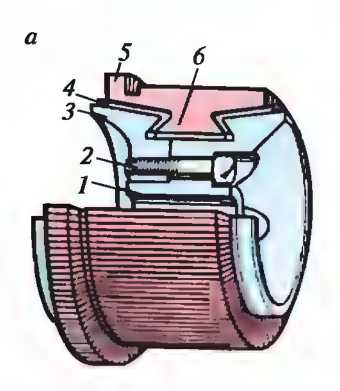


Рис. 6. Главные полюсы с бескаркасной (*а*) и каркасной (*б*) полюсными катушками:
1 — станина; *2* — сердечник полюса; *3* — полюсная катушка

Якорь машины постоянного тока (см. рис. 5) состоит из вала *1*, сердечника *5* с обмоткой и коллектора *3*. Сердечник якоря имеет шихтованную конструкцию и набирается из штампованных пластин тонколистовой электротехнической стали. Листы покрывают изоляционным лаком, собирают в пакет и запекают. Готовый сердечник напрессовывают на вал якоря. Такая конструкция сердечника якоря позволяет значительно ослабить в нем вихревые токи, возникающие в результате его перемагничивания в процессе вращения в магнитном поле. На поверхности сердечника якоря имеются продольные пазы, в которые укладывают обмотку якоря.

Обмотку выполняют медным проводом круглого или прямоугольного сечения. Пазы якоря после заполнения их проводами обмотки обычно закрывают клиньями (текстолитовыми или гетинаксовыми). В некоторых машинах пазы не закрывают клиньями, а накладывают на поверхность якоря бандаж. Бандаж делают из проволоки или стеклоленты с предварительным натягом. Лобовые части обмотки якоря крепят к обмоткодержателям бандажом.

Коллектор 3 является одним из сложных узлов машины постоянного тока. Основными элементами коллектора являются пластины трапецеидального сечения из твердотянутой меди, собранные таким образом, что коллектор приобретает цилиндрическую форму. В зависимости от способа закрепления коллекторных пластин различают два основных типа коллекторов: со стальными конусными шайбами и на пластмассовом основании. На рис. 7, *а* показано устройство коллектора со стальными конусными шайбами. Нижняя часть коллекторных пластин *6* имеет форму «ласточкина хвоста». После сборки коллектора эти части пластин оказывают-



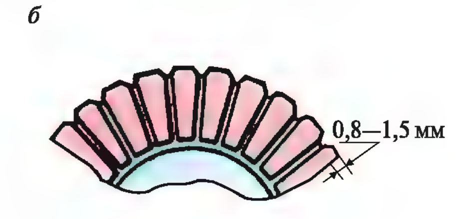


Рис. 7. Устройство коллектора со стальными конусными шайбами (*а*) и пазы (дорожки) (*б*) между коллекторными пластинами

ся зажатыми между стальными втулками *1* и *3*, изолированными от медных пластин миканитовыми манжетами *4*. Конусные шайбы стянуты винтами *2*. Между медными пластинами расположены миканитовые изоляционные прокладки. В процессе работы машины рабочая поверхность коллектора постепенно истирается щетками. Чтобы при этом миканитовые прокладки не выступали над рабочей поверхностью коллектора, что вызвало бы вибрацию щеток и нарушение работы машины, между коллекторными пластинами фрезеруют пазы (дорожки) на глубину до 1,5 мм (рис. 7, *б*). Верхняя часть *5* коллекторных пластин, называемая «петушком», имеет узкий продольный паз, в который закладывают проводники обмотки якоря и тщательно припаивают.

В машинах постоянного тока малой мощности часто применяют *коллекторы на пластмассовой основе* (на пласт-массе»), отличающиеся простотой в изготовлении (рис. 8). Набор медных и миканитовых пластин в таком коллекторе удерживается пластмассой, запрессованной в пространство между набором пластин и стальной втулкой *4* и образующей корпус коллектора. Иногда с целью увеличения прочности коллектора эту пластмассу *2* армируют стальными кольцами *3*. В этом случае миканитовые прокладки должны иметь размеры большие, чем у медных пластин *1*, что исключит замыкание пластин стальными (армирующими) кольцами *3*.

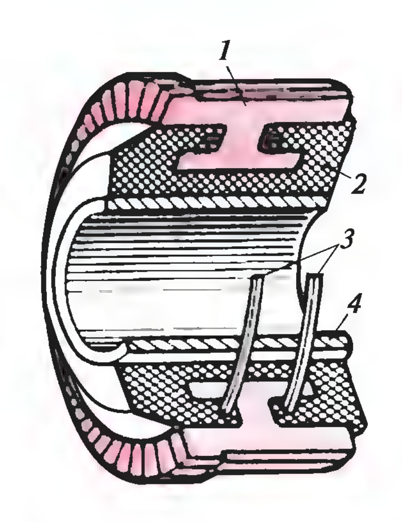


Рис. 8. Устройство коллектора на пластмассе:
1 — коллекторные пластины;
2 — пластмассовое кольцо;
3 — стальные кольца;
4 — стальная втулка

Электрический контакт с коллектором осуществляется посредством *щеток 4* (см. рис. 5), располагаемых в щеткодержателях (рис. 9), состоящих из обоймы (корпуса) *4*, в которую помещают щетку *3* и нажимной палец *1*, представляющий собой откидную деталь, передающую давление пружины *2* на щетку. Щеткодержатель крепят на кронштейне (пальце) *5* зажимом. Щетка снабжается гибким шунтом *6* для включения ее в электрическую цепь машины.

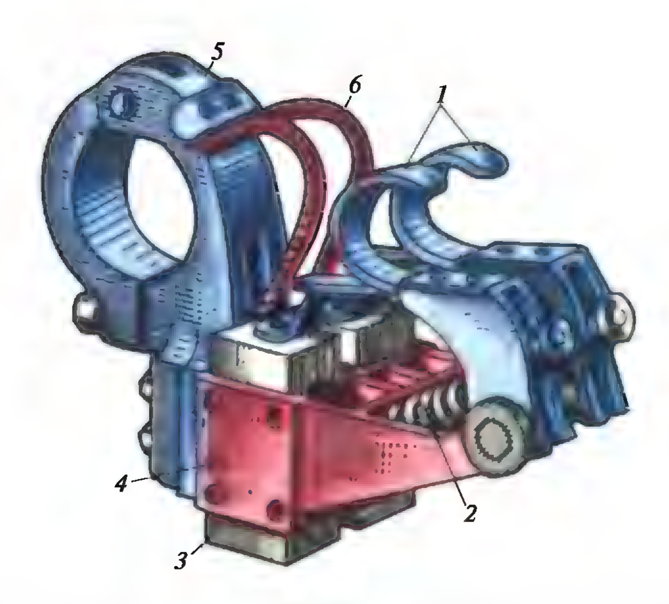


Рис. 9. Щеткодержатель (сдвоенный) машины постоянного тока:
1 — нажимной палец; *2* — регулировочная пружина; *3* — щетки; *4* — корпус щеткодержателя; *5* — кронштейн (палец); *6* — гибкий шунт

Все щеткодержатели одной полярности соединены между собой сборными шинами, подключенными к выводам машины.

Одно из основных условий бесперебойной работы машины — плотный и надежный контакт между щеткой и коллектором. Давление на щетку должно быть отрегулировано, так как чрезмерный нажим может вызвать преждевременный износ щетки и перегрев коллектора, а недостаточный нажим — искрение на коллекторе.

Помимо указанных частей машина постоянного тока имеет два подшипниковых щита: передний *2* (со стороны коллектора) и задний *9*, (см. рис. 5). В центральной части щита имеется расточка под подшипник. На переднем подшипниковом щите имеется смотровое окно (люк) с крышкой, через которое можно осмотреть коллектор и щетки не разбирая машины. Концы обмоток выведены на зажимы коробки выводов. Вентилятор *10* служит для самовентиляции машины: воздух поступает в машину обычно со стороны коллектора, омывает нагретые части (коллектор, обмотки и сердечники) и выбрасывается с противоположной стороны через решетку.

Конструкция машин постоянного тока более сложная, стоимость выше и эксплуатация более дорогая, чем асинхронных машин, поэтому двигатели постоянного тока применяются в приводах, требующих широкого и плавного регулирования частоты вращения, или в автономных установках при питании двигателей от аккумуляторных батарей.

2.3. Маркировка электрических машин

В электрических машинах постоянного тока начало и конец каждой обмотки обозначают одной и той же прописной буквой со следующими цифрами: начало — 1, конец — 2. Концы обмоток, соединенные между собой внутри электрической машины и не выведенные наружу, не обозначают.

Обозначения выводов выполняют так, чтобы при правом вращении в режиме электродвигателя ток во всех обмотках (за исключением размагничивающих обмоток на главных полюсах) протекал в направлении от начала обмоток 1 к концу 2.

Обозначения наносят непосредственно на концах обмоток, на выводах (на кабельных наконечниках, на шинных концах или на специальных обжимах, плотно закрепленных на проводах) или на щитке рядом с выводами.

На видном месте корпуса каждой электрической машины укреплен щиток, на котором обычно указаны:

– товарный знак предприятия-изготовителя;

– род (двигатель, генератор и т.д.) и тип машины;

– заводской номер машины;

– род тока; частота и число фаз; соединения фаз; система возбуждения;

– номинальные параметры режима работы: мощность, напряжение, ток, скорость врашения;

– коэффициент полезного действия (КПД); коэффициент мощности;

– год выпуска, вес машины;

– номер стандарта (ГОСТ);

– класс изоляции или допускаемое превышение температуры.

Глава 3. ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ТЛ-2К1

Тяговый электродвигатель постоянного тока ТЛ-2К1 предназначен для преобразования электрической энергии, получаемой из контактной сети, в механическую. Вращающий момент с вала якоря двигателя передается на колесную пару через двустороннюю одноступенчатую цилиндрическую косозубую передачу. При такой передаче подшипники двигателя не получают добавочных нагрузок по аксиальному направлению.

Подвешивание электродвигателя — опорно-осевое. С одной стороны он опирается моторно-осевыми подшипниками на ось колесной пары электровоза, а с другой — на раму тележки через шарнирную подвеску и резиновые шайбы.

Система вентиляции — независимая, аксиальная, с подачей вентилирующего воздуха сверху в коллекторную камеру и выбросом вверх с противоположной стороны вдоль оси двигателя. На электровозе установлено восемь тяговых электродвигателей.

Технические параметры электродвигателя ТЛ-2К1

Напряжение на зажимах двигателя, В	500
Ток часового режима, А	480
Мощность часового режима, кВт	670
Частота вращения часового режима, об/мин	790
Ток продолжительного режима, А	410
Мощность продолжительного режима, кВт	575
Частота вращения продолжительного режима, об/мин	830
Возбуждение	последовательное
Класс изоляции по нагрево-стойкости обмотки якоря	В
Сопротивление обмотки якоря при температуре 20 °С, Ом	0,0317
Система вентиляции	независимая
Количество вентилирующего воздуха, не менее, м^3/мин	95
Класс изоляции по нагревостойкости полюсной системы	F
Наибольшая частота вращения при среднеизношенных бандажах, об/мин	1690
Подвешивание двигателя	опорно-осевое

Передаточное число .... 88/23—3,826
Сопротивление обмоток главных полюсов
при температуре 20 °С, Ом 0,025
Сопротивление обмоток дополнительных полюсов
и компенсационной обмотки при температуре 20 °С, Ом 0,0356
КПД в часовом режиме 0,931
КПД в продолжительном режиме...0,930
Масса без шестерен, кг 5000

3.1. Конструкция тягового двигателя ТЛ-2К1

Тяговый двигатель ТЛ-2К1 состоит из остова, якоря, щеточного аппарата и подшипниковых щитов (рис. 10).

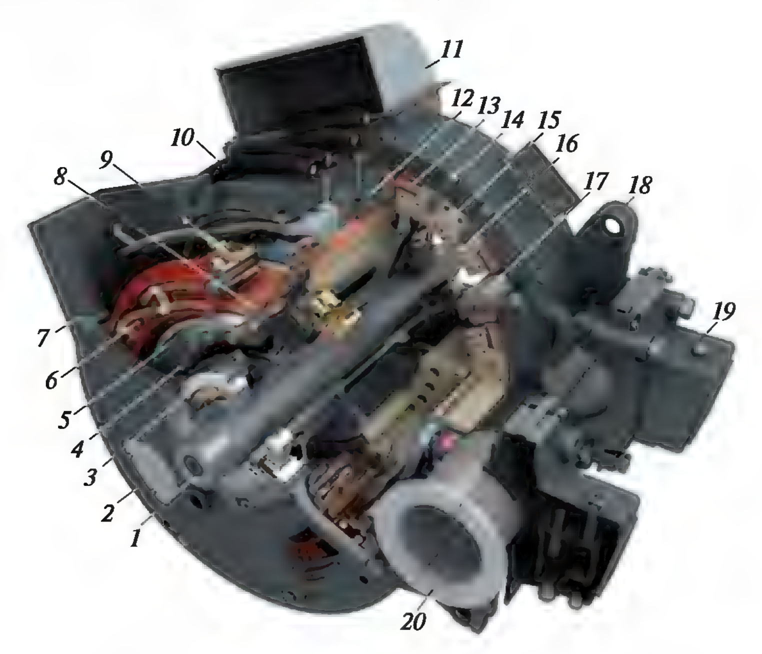


Рис. 10. Общий вид тягового электродвигателя ТЛ-2К1:
1 — вал; *2* — подщипниковый щит; *3* — подшипник якоря; *4* — болт крепления нажимного конуса; *5* — передняя нажимная щайба (нажимной конус); *6, 10* — силовые кабели; *7* — остов; *8* — коллектор; *9* — щеткодержатель; *11* — выхлопной патрубок; *12* — сердечник дополнительного полюса; *13* — обмотка возбуждения; *14* — болт крепления сердечника полюса; *15* — сердечник главного полюса; *16* — компенсационная обмотка; *17* — обмотка дополнительного полюса; *18* — кронштейн для транспортировки; *19* — букса МОП; *20* — вкладыши моторно-осевого подшипника

Остов (рис. 11) двигателя представляет собой отливку из стали марки 25Л-11 цилиндрической формы и служит одновременно магнитопроводом (рис. 12). К нему прикреплены шесть главных и шесть дополнительных полюсов (рис. 13), поворотная траверса с шестью щеткодержателями и щиты с роликовыми подшипниками, в которых вращается якорь двигателя.

Установку подшипниковых щитов в остов электродвигателя производят в такой последовательности: собранный остов с полюсными и компенсационными катушками ставят стороной, противоположной коллектору, вверх. Индукционным нагревателем доводят температуру горловины до 100—150 °С, вставляют и крепят щит восемью болтами М24 из стали 45. Затем поворачивают остов на 180°, опускают якорь, устанавливают траверсу аналогично описанному выше, вставляют другой щит и крепят его также во-



Рис. 11. Общий вид остова тягового электродвигателя:
1, *2* — главный и дополнительный полюсы; *3* — кронштейн для транспортировки; *4* — сердечник главного полюса; *5* — корпус остова; *6* — компенсационная обмотка

семью болтами М24. С наружной поверхности остов имеет два прилива для крепления букс моторно-осевых подшипников, прилив и съемный кронштейн для подвешивания двигателя, предохранительные приливы и приливы для транспортировки. Со стороны коллектора имеются три люка, предназначенных для осмотра щеточного аппарата и коллектора. Люки герметично закрываются крышками.

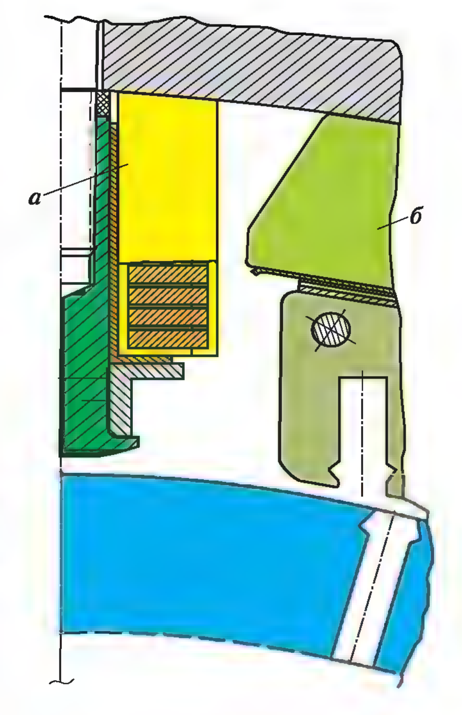


Рис. 12. Магнитная система дополнительного (*а*) и главного полюсов (*б*)

Крышка верхнего коллекторного люка укреплена на остове специальным пружинным замком, крышка нижнего — одним болтом М20 и специальным болтом с цилиндрической пружиной, а крышка второго нижнего люка — четырьмя болтами М12. Для подвода воздуха имеется вентиляционный люк. Выход вентилирующего воздуха осуществляется со стороны, противоположной коллектору, через специальный кожух, укрепленный на подшипниковом щите и остове. Кабели защищены брезентовыми чехлами с комбинированной пропиткой. На кабелях имеются ярлычки из поливинилхлоридных трубок с обозначением Я, ЯЯ, К и КК. Выводные кабели Я и ЯЯ соединены с обмотками якоря, дополнительных полюсов и с компенсационной обмоткой, а выводные кабели К и КК соединены с обмотками главных полюсов.

Сердечники главных полюсов (см. рис. 13) набраны из листовой электротехнической стали марки 1312 толщиной 0,5 мм, скреплены заклепками и укреплены на остове четырьмя болтами М24 каждый. Между сердечником главного полюса и остовом имеется одна стальная прокладка толщиной 0,5 мм. Катушка главного полюса, намотана на ребро из мягкой ленточной меди размера-

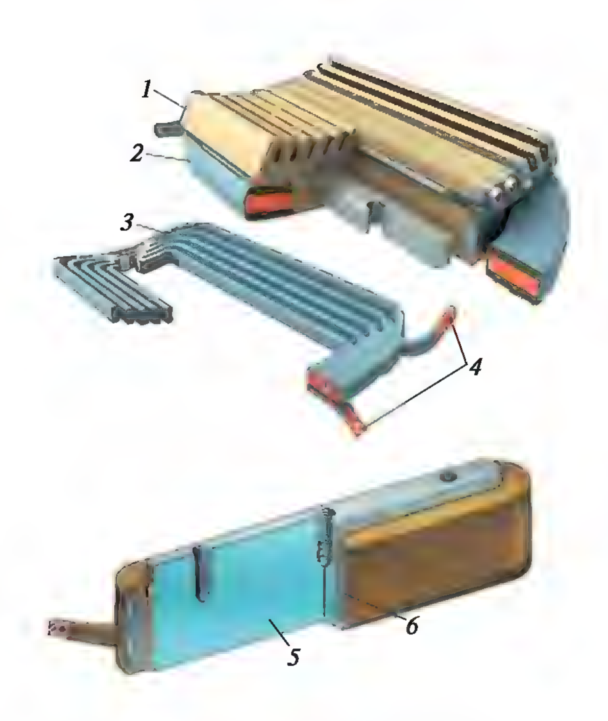


Рис. 13. Главный и дополнительный полюса тягового двигателя ТЛ-2К1:
1 — сердечник главного полюса; *2* — обмотка возбуждения; *3* — компенсационная обмотка; *4* — выводы компенсационной обмотки; *5* — сердечник дополнительного полюса; *6* — обмотка дополнительного полюса

ми 1,95×65 мм, изогнута по радиусу для обеспечения прилегания к внутренней поверхности остова.

Корпусная изоляция состоит из восьми слоев стеклослюдинитовой ленты и одного слоя технической лавсановой термоусаживающейся ленты толщиной 0,22 мм, наложенных с перекрытием в половину ширины ленты. Межвитковая изоляция выполнена из асбестовой бумаги в два слоя толщиной 0,2 мм и пропитана лаком.

Для улучшения рабочих характеристик двигателя применена компенсационная обмотка, расположенная в пазах, вырезанных в наконечниках главных полюсов, и соединенная последовательно с обмоткой якоря. Компенсационная обмотка состоит из шести катушек, каждая их которых намотана из мягкой прямоугольной медной проволоки размерами 3,28×22 мм и имеет 10 витков. В каж-

дом пазу расположено по два витка. Корпусная изоляция состоит из шести слоев стеклослюдинитовой ленты толщиной 0,11 мм, одного слоя фторопластовой ленты толщиной 0,03 мм и одного слоя стеклоленты толщиной 0,1 мм, уложенных с перекрытием в половину ширины ленты. Витковая изоляция имеет один слой стеклослюдинитовой ленты той же марки, она уложена с перекрытием в половину ширины ленты. Компенсационная обмотка в пазах закреплена клиньями из текстолита марки Б.

Сердечники дополнительных полюсов (см. рис. 13) выполнены из толстолистового проката или поковки и укреплены на остове тремя болтами М20. Для уменьшения насыщения дополнительных полюсов между остовом и сердечниками дополнительных полюсов предусмотрены диамагнитные прокладки толщиной 8 мм. Катушки дополнительных полюсов намотаны на ребро из мягкой медной проволоки размерами 6×20 мм и имеют 10 витков каждая. Корпусная и покровная изоляция этих катушек аналогична изоляции катушек главного полюса. Межвитковая изоляция состоит из асбестовых прокладок толщиной 0,5 мм, пропитанных лаком.

Новочеркасский электровозостроительный завод изготавливал тяговый двигатель ТЛ2К1, полюсная система (катушки главных и дополнительных полюсов) которого выполнена на изоляции системы «Монолит 2». Корпусная изоляция катушек выполнена из стеклослюдинитовой ленты 0,13×25 мм, катушки пропитаны в эпоксидном компаунде, причем катушки дополнительных полюсов пропитаны совместно с сердечниками и представляют собой неразъемный моноблок. На моноблоке закреплена диамагнитная прокладка толщиной 10 мм, которая одновременно служит для закрепления катушки. Катушка главного полюса от перемещений на сердечнике уплотнена двумя клиньями в распор по лобовым частям.

Щеточный аппарат тягового электродвигателя (рис. 14) состоит из траверсы разрезного типа с поворотным механизмом, шести кронштейнов и шести щеткодержателей.

Траверса (рис. 15) стальная, литая, швеллерного сечения; имеет по наружному ободу зубчатый венец, входящий зацепление с шестерней поворотного механизма. Траверса щеточного аппарата в остове зафиксирована и застопорена болтом фиксатора, установленным на наружной стенке верхнего коллекторного люка, и прижата к подшипниковому щиту двумя болтами стопорного устройства:

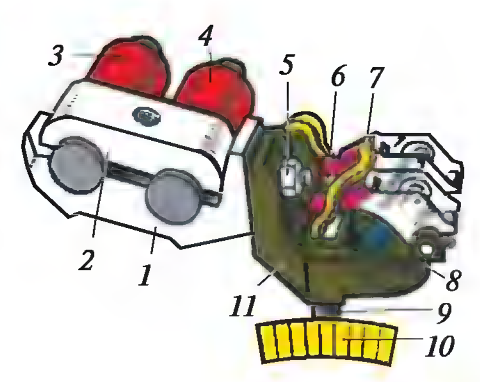




Рис. 14. Щеткодержатель и щетка:
1, *2* — верхняя и нижняя половины кронштейна; *3*, *4* — пальцы кронштейна; *5* — гайка; *6* — нажимной палец; *7* — гибкий шунт; *8* — цилиндрическая пружина; *9* — щетка; *10* — коллекторные пластины

один — внизу остова, другой — со стороны подвешивания. Электрическое соединение кронштейнов траверсы между собой выполнено кабелями ПС-4000 площадью сечения 50 мм^2. Кронштейны щеткодержателя разъемные (из двух половин), закреплены болтами М20 на двух изоляционных пальцах, установленных на траверсе. Стальные шпильки пальцев опрессованы прессмассой (специальным клеющим составом, применяемым при ремонте изоляторов), на них насажены фарфоровые изоляторы.

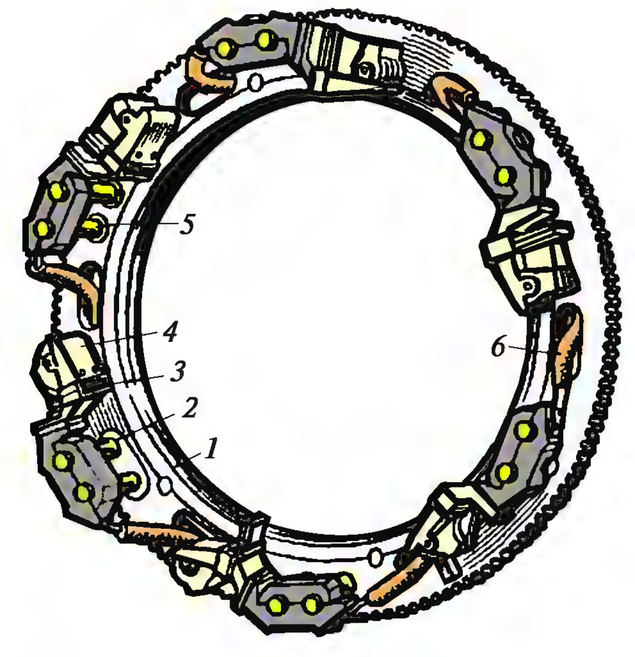


Рис. 15. Траверса тягового электродвигателя:
1 — траверса; *2* — стержень изолятора; *3* — щетка; *4* — кронштейн; *5* — изолятор; *6* — кабель соединения кронштейна траверсы щеткодержателя

Щеткодержатель имеет две цилиндрические пружины, работающие на растяжение. Пружины закреплены одним концом на оси, вставленной в отверстие корпуса щеткодержателя, другим — на оси нажимного пальца с помощью винта, которым регулируют натяжение пружины. Кинематика нажимного механизма выбрана так, что в рабочем диапазоне обеспечивает практически постоянное нажатие на щетку. Кроме того, при наибольшем допустимом износе щетки нажатие пальца на щетку автоматически прекращается. Это позволяет предотвратить повреждение рабочей поверхности коллектора гибкими проводами сработанных щеток. В окна щеткодержателя вставлены две разрезные щетки марки ЭГ-61 размерами 8×50×60 мм каждая с резиновыми амортизаторами. Крепление щеткодержателей к кронштейну осуществлено шпилькой и гайкой. Для более надежного крепления и регулировки положения щеткодержателя относительно рабочей поверхности по высоте при износе коллектора на корпусе щеткодержателя и кронштейна предусмотрены гребенки.

Якорь двигателя (рис. 16) состоит из коллектора, обмотки, уложенной в пазы сердечника, набранного в пакет из лакированных

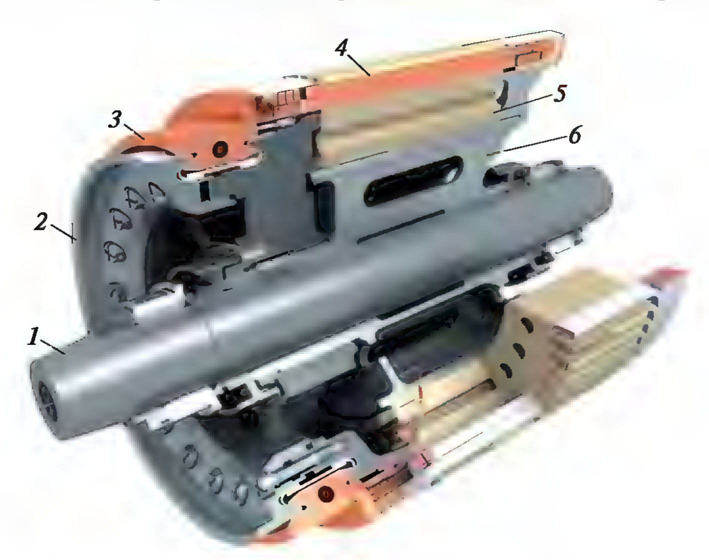


Рис. 16. Якорь электродвигателя ТЛ-2К1:
1 — вал; *2* — нажимной конус; *3* — коллектор; *4* — обмотка якоря; *5* — втулка; *6* — сердечник якоря

листов электротехнической стали марки 1312 толщиной 0,5 мм, стальной втулки, задней и передней нажимных шайб, вала. В сердечнике имеется один ряд аксиальных отверстий для прохода вентилирующего воздуха. Передняя нажимная шайба одновременно служит корпусом коллектора.

Все детали якоря собраны на общей втулке коробчатой формы, напрессованной на вал якоря, что обеспечивает возможность его замены. Якорь имеет 75 катушек и 25 секционных уравнительных соединений. Соединение концов обмотки и клиньев с «петушками» коллекторных пластин выполнено припоем ПСР-2,5 на специальной установке токами высокой частоты.

Каждая катушка имеет 14 отдельных проводников, расположенных по высоте в два ряда, по семь проводников в ряду (рис. 17). Они изготовлены из медной ленты и изолированы одним слоем с перекрытием в половину ширины стеклослюдинитовой ленты толщиной. Каждый пакет из семи проводников изолирован также стеклослюдинитовой лентой с перекрытием в половину ширины ленты.

Вся изоляция уложена с перекрытием в половину ширины ленты. Изолированные провода соединяют в секцию одним сло-

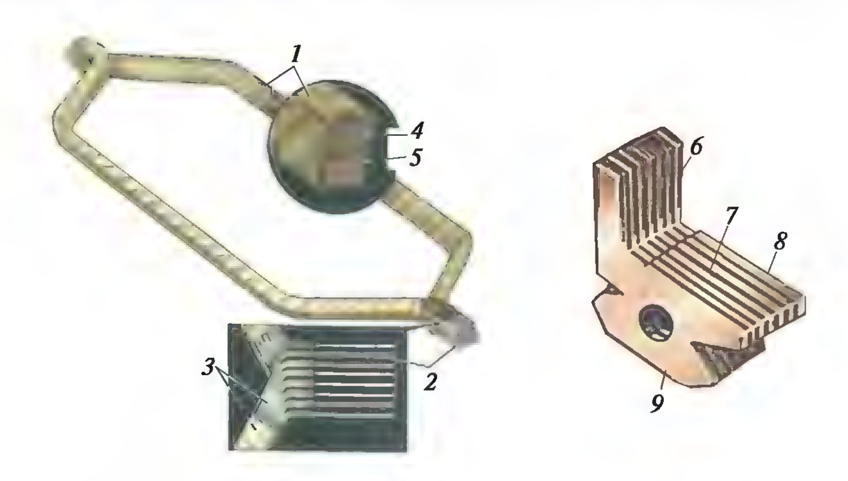


Рис. 17. Обмотка якоря с коллекторными пластинами:
1 — катушка якоря; *2* — секция катушки якоря; *3* — изоляция; *4* — обмотка катушки якоря; *5* — изоляция; *6* — «петушок»; *7* — миканитовая прокладка; *8* — рабочая поверхность коллектора; *9* — «ласточкин хвост»

ем стеклоленты, уложенной с перекрытием в половину ширины ленты. В пазовой части обмотку якоря крепят текстолитовыми клиньями, а в лобовой — стеклобандажом. Коллектор двигателя с диаметром рабочей поверхности 660 мм набран из медных пластин, изолированных друг от друга миканитовыми прокладками. От нажимного конуса и корпуса коллектор изолирован миканитовыми манжетами и цилиндром. Обмотка якоря имеет следующие данные: число пазов 75, шаг по пазам 1—13, число коллекторных пластин 525, шаг по коллектору 1—2, шаг уравнителей по коллектору 1—176.

Схема соединения обмоток приведена на рис. 18.

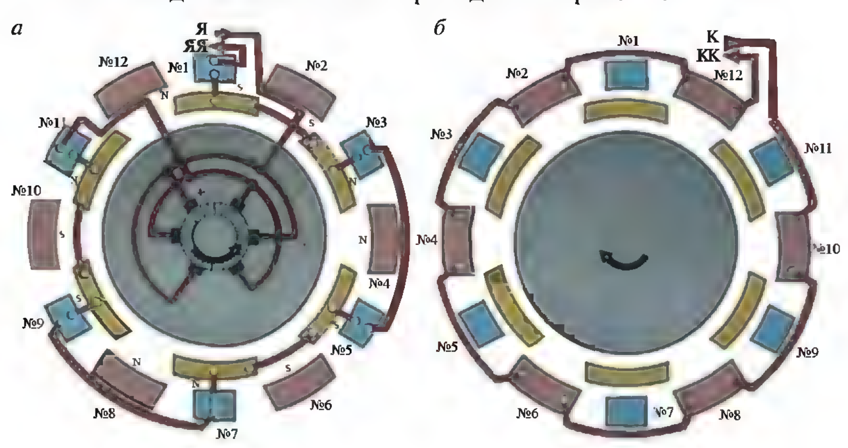


Рис. 18. Схема соединения обмотки главного (*а*) и дополнительного (*б*) полюсов двигателя ТЛ-2К1

Якорные подшипники двигателя тяжелой серии с цилиндрическими роликами обеспечивают разбег якоря в пределах 6,3—8,1 мм. Наружные кольца подшипников запрессованы в подшипниковые щиты, а внутренние — на вал якоря. Подшипниковые камеры для предотвращения воздействия внешней среды и утечки смазки имеют уплотнения.

Моторно-осевые подшипники (рис. 19) состоят из латунных вкладышей, залитых по внутренней поверхности баббитом, и букс с постоянным уровнем смазки. Буксы имеют окно для подачи смазки.

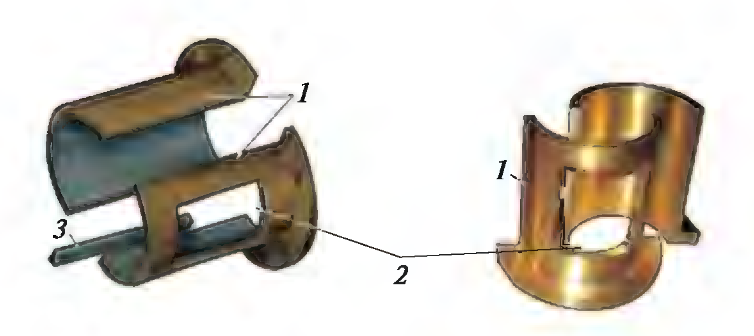


Рис. 19. Моторно-осевой подшипник:
1 — вкладыш; *2* — окно для подачи смазки; *3* — шпонка вкладыша

Для предотвращения поворота вкладышей предусмотрено в буксе шпоночное соединение.

3.2. Ремонт тягового электродвигателя ТЛ-2К1 при среднем ремонте электровоза

Снятые с электровоза тяговые двигатели обычно сильно загрязнены, что затрудняет выявление дефектов при осмотре и приводит к снижению качества последующего ремонта.

Очистку тягового двигателя выполняют перед разборкой. Предварительно двигатель очищает снаружи вручную с помощью скребков и ветоши. Для окончательной очистки двигатель омывают в специальных моечных машинах.

Двухкамерная моечная машина (рис. 20) состоит из двух герметически закрывающихся камер. В камере I двигатель обмывают горячей (80— 90 °С) водой *9,* которую насосом *1* подают во вращающееся от привода *5* душевое устройство *2.* Чтобы внутрь двигателя не попала влага, все вентиляционные и другие отверстия в остове тщательно закрывают специальными заглушками и крышками, а на место крышки верхнего коллекторного люка прикрепляют специальный патрубок *3,* через который в двигатель подают от вентилятора *4* воздух, создавая внутри него избыточное давление. После обмывки поднимают промежуточную дверь *8* и перемещают двигатель на самоходной тележке в камеру II, где при закрытой двери *7* в течение 15—20 мин сушат его потоком воздуха, нагретого калорифером *6.*

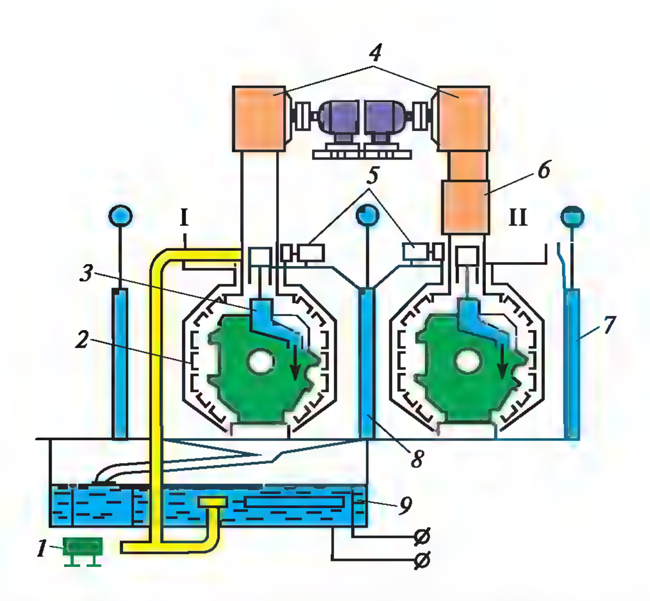


Рис. 20. Двухкамерная машина для наружной обмывки и сушки тяговых двигателей перед разборкой

Частота вращения душевого и сушильного устройств 2 об/мин. Обе камеры могут работать одновременно.

Демонтаж и разборка тягового электродвигателя ТЛ-2К1. До поступления тягового электродвигателя на ремонт производят разборку колесно-моторного блока на специальном портале (рис. 21).

Тяговый двигатель должен поступить в электромашинный цех для ремонта комплексно с буксами моторно-осевых подшипников, из которых предварительно должна быть спущена смазка, удалена шерстяная подбивка, сняты вкладыши моторно-осевых подшипников.

Перед разборкой сверяют номера букс и подшипниковых щитов с номером тягового двигателя, в случае отсутствия номера его выбивают. После снятия букс производят замер их натяга на горловину моторно-осевых подшипников (рис. 22). Замеряют также сопротивление изоляции цепей тягового двигателя мегомметром напряжением на 2,5 кВ, равномерно вращая рукоятку в течение 1 мин. Сопротивление изоляции цепей тягового двигателя должно быть не менее 5 МОм при температуре внутри цеха. После измерения со-



Рис. 21. Портал для разборки колесно-моторного блока тягового двигателя ТЛ-2К1

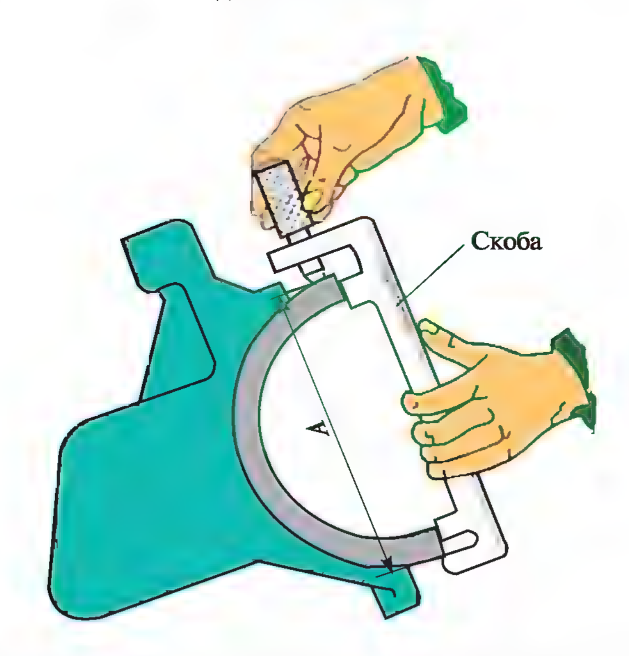


Рис. 22. Измерение расстояния между посадочными поверхностями на буксе моторно-осевого подшипника с помощью микрометрической скобы

противления изоляции мегомметром необходимо сразу же заземлить проверяемые обмотки путем касания наконечника выводного провода к корпусу двигателя. Затем измеряют осевой разбег якоря в собранном двигателе, для чего: сдвигают якорь до упора в сторону коллектора, на стойку устанавливают индикатор с помощью зажимов таким образом, чтобы наконечник измерительного стержня касался торцевой поверхности вала якоря, а стрелка индикатора была установлена на нулевом делении шкалы. Якорь сдвигают в сторону индикатора и по показанию индикатора определяют величину осевого разбега якоря 2-3 раза. При этом разбег должен быть в пределах 6,3—8,0 мм. Затем устанавливают тяговый двигатель на стенд для испытания на холостом ходу и прослушивают работу подшипников, затем переключают направление вращения якоря и прослушивают их работу в другом направлении. Скорость вращения якоря должна быть 790 об/мин, подшипники должны работать без стука с равномерным шумом, характерным для работы подшипников. Подшипники, имеющие ненормальный шум при работе, заменяют или ремонтируют.

Внутренние кольца якорных подшипников при деповском ремонте не снимают, если при их осмотре не обнаружены существенные неисправности и посадка на валу остается плотной. При всех видах ремонта электрических машин с выемкой якоря наружные поверхности внутренних колец подвергают магнитной дефектоскопии. В случае ослабления посадки на внутреннее кольцо наносят (за два раза) слой герметика БФ. Дефектные подшипники снимают с вала и заменяют новыми. На один тяговый двигатель устанавливают только такие подшипники, у которых разница в радиальных зазорах не превышает (в свободном состоянии) 0,05 мм. Запрессовывают подшипники в щиты с помощью гидравлического пресса (рис. 23).

Для разборки устанавливают и укрепляют тяговый двигатель в горизонтальном положении на кантователе (рис. 24), проверяют установку двигателя по уровню. *Кантователь* предназначен для обеспечения технологических операций разборки и сборки тяговых электрических двигателей (ТЭД) и вспомогательных машин (ВМ) электровозов в условиях депо и ремонтных предприятий.

Кантователь обеспечивает одновременную и независимую работу с двумя ТЭД или ВМ, устанавливаемыми на сменных пово-

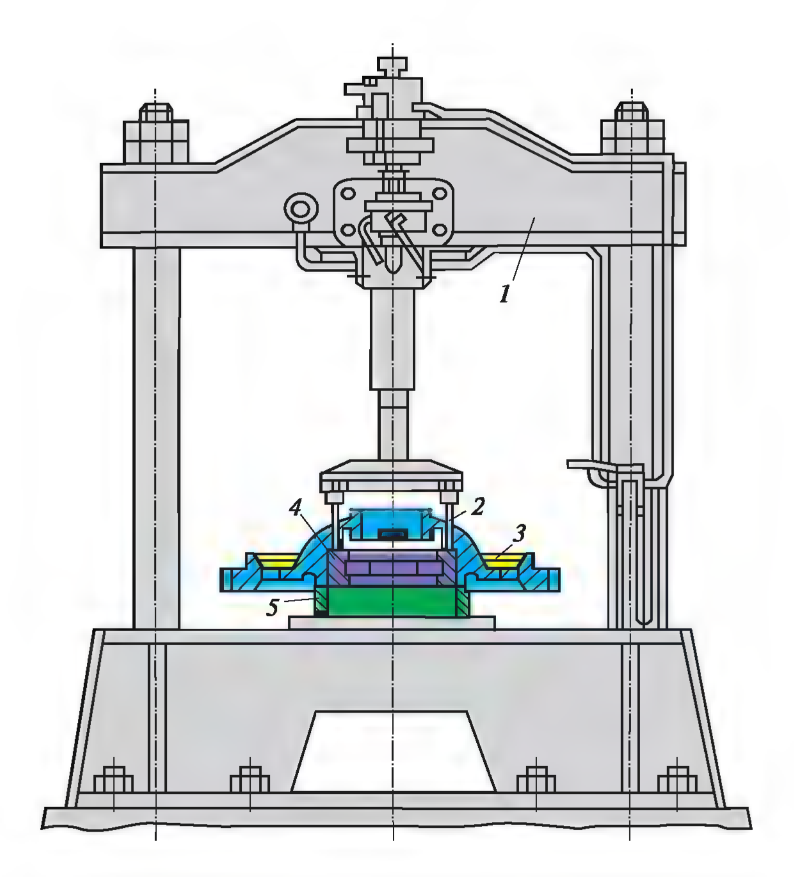


Рис. 23. Гидравлический пресс для выпрессовки подшипника из щита:
1 — гидравлический пресс; *2* — приспособление для выпрессовки; *3* — подшипниковый щит; *4* — блок роликового подшипника; *5* — стакан

ротных планшайбах, конструкция которых зависит от типа электромашин и способов их крепления. Кантователь снабжен независимыми электромеханическими приводами с регулируемой скоростью вращения планшайб.

Снимают крышки верхнего и нижнего коллекторных люков, вынимают щетки из щеткодержателей, поворачивая тяговый двигатель на кантователе в удобное для этого положение. Устанавливают тяговый двигатель в кантователе в вертикальное положение сто-



Рис. 24. Кантователь для разборки, ремонта и сборки тягового электродвигателя ТЛ-2К1

роной коллектора вверх, вывертывают болты крепления подшипникового щита к остову гайковертом и выпрессовывают подшипниковый щит из остова прессом. При отсутствии пресса для распрессовки подшипниковых щитов допускается производить выпрессовку подшипниковых щитов отжимными болтами и гайковертом. Отжимные болты ввертывают равномерно, чередуя диаметрально противоположные по 2-3 нитки каждого болта во избежание перекоса. В конец вала якоря ввертывают рым-болт и осторожно вынимают якорь из остова краном. Подъем якоря краном производят без рывков и толчков, вращая его, остерегаясь повреждений коллектора, подшипника, полюсов, обмотки, конуса вала и других узлов. Опускают якорь на приспособление для поворота якорей, а затем в горизонтальном положении переносят на стеллаж. Поворачивают остов на кантователе стороной противоположной коллектору вверх, вывинчивают болты крепления подшипникового щита к остову гайковертом и выпрессовывают подшипниковый щит из остова прессом.

Основные неисправности тягового электродвигателя ТЛ-2К1

Неисправности и ремонт остова. Из-за динамических воздействий (толчков и ударов), возникающих в пути следования, которые усиливаются с увеличением скорости движения, в литом остове тягового электродвигателя могут появляться трещины и отколы в местах перенапряжений, т.е. в местах перехода от открытого сечения к закрытому. Наиболее часто трещины образуются в районе коллекторных люков, вентиляционных окон, в моторно-осевых горловинах или в направлении от горловин к коллекторным люкам. Кроме того, трещины могут появляться и на подшипниковых щитах у болтовых отверстий крепления щитов к остову, в резьбовых отверстиях для крепления крышек подшипниковых узлов и в буксах моторно-осевых подшипников ТЭД. Могут возникать повышенный износ и овальность посадочных поверхностей этих элементов, а на привалочных торцах коллекторных люков — забоины, образовываться заусенцы. В процессе эксплуатации возникают ослабления болтовых и заклепочных соединений, повреждения вентиляционных сеток, а также нарушения плотности прилегания крышек коллекторных люков.

Под действием динамических ударов и вибрации, а также ряда других причин происходит ослабление болтовых креплений полюсов к остову. Чтобы не допускать обрыва полюсных болтов, их затяжку следует производить равномерно, с одинаковой нагрузкой (или моментом) ко всем болтам полюсов. Ослабление болтов определяют по растрескиванию (выкрашиванию) компаундной заливки или в момент обстукивания их молотком (молоток не отскакивает от болтов). Небольшое ослабление приводит к уменьшению воздушного зазора между сердечником полюса и якорем, а следовательно, к нарушению коммутации машины. При сильном же ослаблении могут произойти обрыв полюса и заклинивание якоря.

У катушек с ослабленной посадкой происходит повышенный износ изоляции, что в свою очередь приводит к пробоям корпусной изоляции, а иногда и к межвитковым замыканиям. При этом могут наблюдаться излом выводных концов катушек или их распайка из-за повышения температуры. Нагрев и попадание влаги вызывают снижение сопротивления изоляции и ускоряют ее старение. Возможны также повреждения диамагнитных угольников добавочных полюсов и расслоение пакета сердечников главных полюсов.

Для осмотра и ремонта электрической части остов должен быть продут и отчищен внутри от пыли и грязи. Осмотр остова производится на специализированном кантователе (рис. 25) или на подставке высотой 0,5—0,7 м. Осматривают в остове катушки главных и добавочных полюсов, компенсационной обмотки, межкатушечные соединения и провода, проверяют также плотность посадки катушек на сердечниках полюсов при простукивании фланцев молотком и крепление компенсационной обмотки в пазах сердечников главных полюсов путем простукивания клиньев, которые не должны дребезжать. Наличие видимых следов смещения указывает на ослабление посадки катушек главных и добавочных полюсов. Разрешается уплотнение посадки полюсных катушек на сердечниках прокладками из пропитанного электрокартона или пропитанного прессшпана. До установки в остов и после ремонта проверяют катушки полюсов на отсутствие межвитковых замыканий и покрывают эмалью ГФ92-ХС.



Рис. 25. Кантователь остова тягового электродвигателя

Сердечники полюсов с изломами или трещинами, завальцованными поверхностями, а также ослабшие диамагнитные угольники, пружинные фланцы и диамагнитные прокладки с трещинами заменяют исправными. Постановка полюсных сердечников с поврежденной резьбой не допускается.

Проверяют также надежность *контактных соединений* катушек и межкатушечных соединений, прогревая их двойным часовым током равным 750 А в течение 8 мин. Нагрев всех катушек, межкатушечных и выводных соединений после прогрева током при проверке на ощупь должен быть одинаковым. Наличие участков с бо́льшим нагревом по сравнению с температурой остальных участков катушек и межкатушечных соединений указывает на плохой контакт. Провода, имеющие обрыв жил более 10 % заменяют или ремонтируют перепайкой наконечников, для чего облуживают выправленный и отчищенный наконечник припоем ПОС-40, а в качестве флюса применяют 30—35%-ный раствор канифоли в спирте. Проверяют крепление межкатушечных соединений и выводных проводов остова: крепление проводов должно быть прочным и исключать возможность вибрации, истирания и других повреждений изоляции. Проверяют состояние выводных и соединительных проводов и наконечников на проводах. Восстановление изоляции выводных проводов разрешается производить, если участок повреждения находится не ближе 200 мм от места выхода из остова двигателя, а его длина — не более 100 мм. Изоляцию провода в месте повреждения необходимо вырезать, края основной изоляции срезать на конус длиной 20—25 мм, новую изоляцию наложить плотно, без морщин, в полуперекрышу, последовательно от одного края врезанной части к другому. Общая толщина наложенных слоев должна быть в уровень с основной изоляцией.

Проверяют затяжку *полюсных болтов* торцовым ключом и простукиванием молотком. Пружинные шайбы при смене болтов также проверяют, негодные заменяют. Вибрация болтов и перемещение их головок при простукивании указывает на их слабую затяжку. Болты при простукивании должны издавать звук плотного, цельного тела. Подтяжку полюсных болтов производят при температуре катушек 70—100 °С, т.е. после прогрева их током или после сушки в печи, попеременно — сначала средний болт, а затем крайние так, чтобы постепенно затянуть их до отказа.

Проверяют болты сердечников полюсов и на наличие трещин ультразвуковым дефектоскопом. При наличии изображения на экране дефектоскопа, указывающего трещину хотя бы одного болта, все болты данного полюса заменяют.

После подтяжки болтов проверяют прочность посадки катушек на сердечниках, путем простукивания фланца катушек. При обнаружении неплотности между катушкой и остовом после подтяжки болтов необходимо поставить П-образные прокладки без съема полюса в следующем технологическом порядке: ослабить болты полюса, установить П-образную прокладку из электрокартона ЭВ толщиной 0,5 или 1,0 мм между остовом и катушкой; замерить расстояния сначала по осям главных и добавочных полюсов, а потом между их краями. Расстояния должны быть в пределах: между главными полюсами 749,2—748,9 мм, между добавочными полюсами 754,4—753,2 мм, между краями наконечников главных полюсов 121,5 мм и краями наконечников главных и добавочных 36,7 мм. Допускаемая разница между максимальными и минимальными значениями замеров расстояний между краями наконечников главных полюсов и краями главных и добавочных полюсов должна быть не более 2 мм. При меньшем расстоянии необходимо подтянуть полюсные болты, а при большем — подложить прокладки под полюса. При несоответствии размера между наконечниками полюсов отрегулировать его постановкой прокладок между внутренними торцовыми поверхностями сердечника.

При осмотре горловины остова под подшипниковые щиты и моторно-осевые подшипники проверяют диаметр, овальность и конусность горловин. Диаметр моторно-осевой горловины определяют как полусумму двух диаметров, измеренных с обеих сторон плоскости разъема остова и буксы на расстоянии 10 мм от плоскости разъема. Разность между найденным средним диаметром горловины и диаметром, измеренным в направлении, перпендикулярном к плоскости разъема (при полностью затянутых болтах и установленных прокладках), должна находиться в пределах норм на овальность и после деповского ремонта составлять не более 0,6 мм. Овальность и конусность моторно-осевой горловины без расточки допускается до 0,3 мм.

Для расточки моторно-осевых горловин после их восстановления методом наплавки и вкладышей моторно-осевых подшипников

(МОП) при ремонте тяговых электродвигателей электровозов в условиях депо и ремонтных предприятий применяется станок СРС-1 (рис. 26), который обеспечивает одновременную и независимую обработку моторно-осевых горловин ТЭД, прост в управлении и надежен в работе, снабжен жесткой фиксацией ТЭД.

Выдвижные шпиндели станка установлены в неподвижных бабках, снабженных электромеханическими приводами вращения и подач. Установка оборотов шпинделя и подач задается путем управления электродвигателями от частотных преобразователей. Тяговый электродвигатель при расточке горловин устанавливается на станке в собранном виде.



Рис. 26. Станок СРС-1 для расточки горловин и вкладышей МОП тяговых электродвигателей

Ремонт щеткодержателей и их кронштейнов. Повышенные износы и повреждения щеткодержателей и их кронштейнов возникают в результате воздействия механических нагрузок, токовых перегрузок вследствие образования электрических дуг или кругового огня по коллектору. Кроме того, из-за износа увеличиваются раз-

меры щеточных окон, что приводит к разрушению щеток и ухудшению коммутации двигателя.

При повышенном износе в щетках возникают трещины и сколы, задиры, обрыв или перетирание шунтов (рис. 27).

В корпусе шеткодержателя изнашиваются шарнирные соединения и рифленые поверхности (гребенки), могут появляться трещины, оплавляются нажимные пальцы или их пружины, а также ослабляются болтовые соединения с кронштейном.

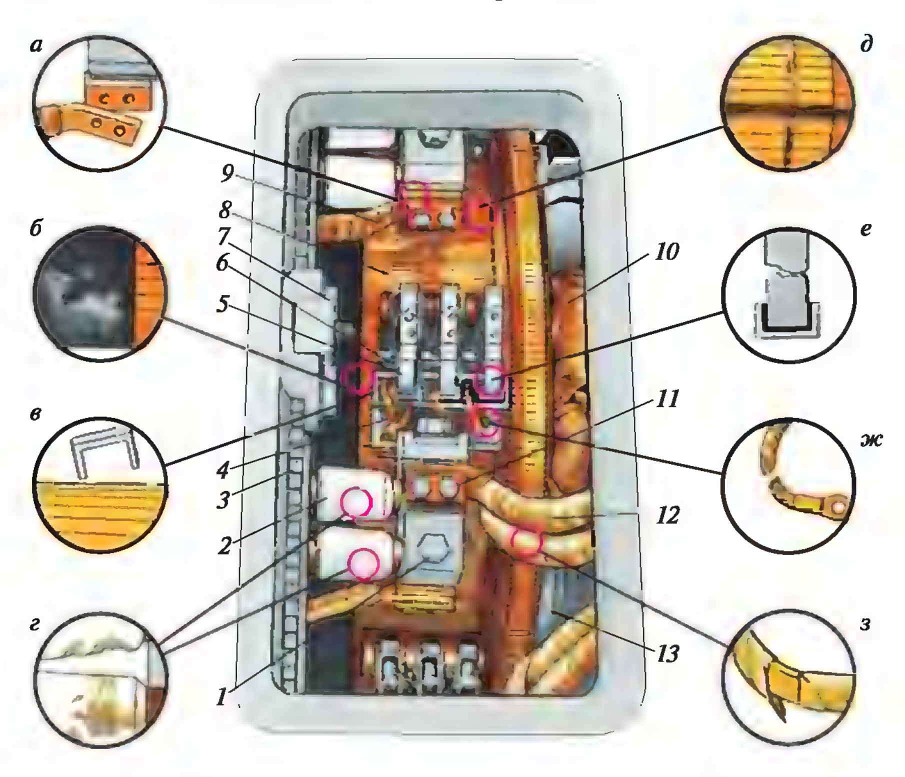


Рис. 27. Возможные неисправности коллектора и щеткодержателей: *а* — отсоединение наконечников; *б* — нагар на нажимном конусе; *в* — перекос щеткодержателя; *г* — скол и нагар изолятора; *д* — повреждение пластины коллектора; *е* — повреждение нажимного пальца; *ж* — обрыв щунта; *з* — повреждение изоляции выводов катушки; *1* — кронштейн; *2* — пальцы кронштейна; *3* — траверса; *4* — шунт; *5* — нажатие пальцев щеткодержателя; *6* — щеткодержатель; *7* — миканитовый конус; *8* — коллектор; *9* — щина; *10* — полюсная катушка; *11* — наконечники проводов; *12* — провода; *13* — якорь

В кронштейнах щеткодержателей наблюдаются случаи снижения электрической прочности изоляции пальцев, в результате чего может произойти их электрический пробой, а следовательно, и серьезные повреждения изоляционных втулок. В пластмассовых кронштейнах при осмотрах выявляют ослабление крепления резьбовых втулок, трещины, прожоги и сколы.

В случае обрыва, сильного ослабления болтового соединения или излома щеткодержателя, т.е. в момент соприкосновения щеткодержателя с коллектором, может произойти короткое замыкание, влекущее за собой серьезные повреждения.

Снятую *траверсу* и ее детали (разжимное устройство, механизм поворота, стопорные болты и фиксатор) после очистки подвергают осмотру на предмет выявления неисправностей или возможных дефектов. Ремонт производят на специальном монтажном столе (рис. 28).

Несоответствие фиксатора чертежным размерам вызывает смещение траверсы при монтаже тягового двигателя, что в свою очередь приводит к смещению щеток относительно нейтрали, а следовательно, к изменению скоростных характеристик двигателя. Особое внимание обращают на наличие трещин и износа поверхностей траверсы в районах расположения стопорных планок и фиксаторов.

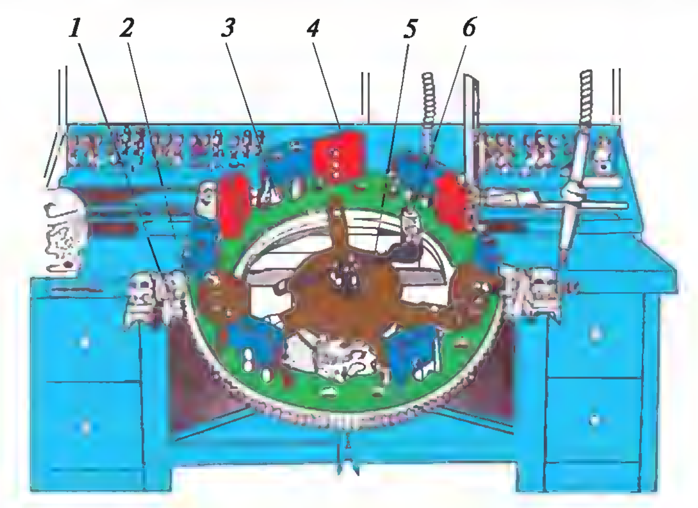


Рис. 28. Монтажный стол для установки щеткодержателей на траверсе: *1* — поворотное устройство; *2* — траверса; *3* — изолирование пальцы; *4* — щеткодержатели; *5* — линейка; *6* — щаблон

При этом трещины разделывают и заваривают, изношенные места восстанавливают методом наплавки с последующей обработкой до чертежных размеров. Наплывы, забоины и другие повреждения зубьев зубчатого венца устраняют зачисткой или наплавкой.

Щетки (рис. 29) высотой менее нормы с ослаблением или обрывом жил шунта более 25 % заменяют (с предварительной притиркой новых на технологическом коллекторе). На ТЭД отечественных электровозов (ТЛ-2К, НБ-412, НБ-418) высота щеток должна быть не менее 25 мм.



Рис. 29. Характерные повреждения щеток тягового двигателя:
1 — надрывы; *2* — трещины; *3* — сколы; *4* — задиры

В случае неудовлетворительного нажатия его восстанавливают затяжкой пружины. Изоляционные пальцы щеткодержателей с нарушением глазури более 20 % длины пути перекрытия изолятора, а также с ослаблением изолятора или при наличии в нем трещин заменяют.

Ревизия щеткодержателей со снятием их с тяговых двигателей производится лишь в случаях их неудовлетворительного технического состояния, а также при выполнении ТРС электровозов в объеме деповского ремонта ТР-3. При ревизии щеткодержателей проверяют их корпуса на отсутствие трещин и зачищают от оплавлений. Гребенки корпусов, имеющие не более 20 % срыва ниток, восстанавливают. Детали с трещинами и повышенным износом подлежат замене. Ширина окна щеткодержателя ТЭД ТЛ-2К должна быть не более 16,3 мм, а длина — не более 101 мм. При плохом нажатии пальцев на щетки шеткодержатель восстанавливают с помощью пружинного механизма. После чего его закрепляют на траверсе и выставляют на нейтраль.

В случае повреждения эмали изоляции кабелей, присоединенных к щеткодержателям и идущих на траверсу, защитный слой восстанавливают по всей длине электроизоляционной эмалью НЦ-929 или ГФ-92ХС.

Изоляторы кронштейнов с трещинами, сколотыми краями или с поврежденной глазурью заменяют. С целью исключения механического повреждения напрессованный изолятор и его изоляция не должны доходить до торца пальца на 0,5—3 мм. После такой установки торцовые части изолятора заполняют пластмассой АСТ-Т или эпоксидным компаундом по установленной технологии, контролируя уровень заливки (рис. 30).

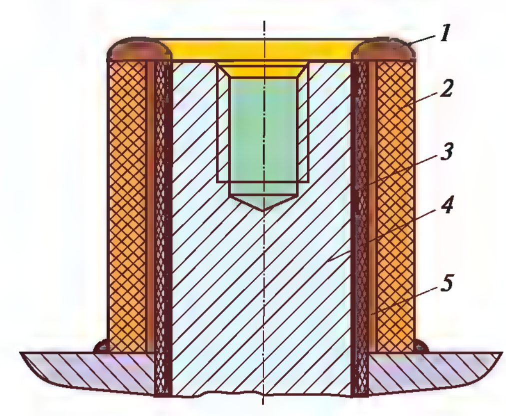


Рис. 30. Заливка изолятора кронштейна пластмассой:
1 — дозаливка пластмассы; *2* — изолятор; *3* — изоляция; *4* — палец; *5* — пластмассовая заливка

Ремонт якоря. Из-за действия центробежных сил, динамических усилий и ударных нагрузок, возникающих от неровностей пути во время движения поезда или в результате неисправности рессорного подвешивания локомотива, якорь электрической машины повреждается чаще, чем остов. Прежде всего, неисправности начинают появляться на коллекторе: образуется повышенный износ его рабочей поверхности, появляются риски и забоины, наблюдается подгар и оплавление коллекторных пластин. Повышенные значения тока и напряжения влекут за собой преждевременное старение и, как следствие, повреждение изоляции. Кроме того, возможно ослабление коллекторных болтов, образование трещин и сколов пластмассовых корпусов. В результате неисправностей деталей тягового привода или буксования колесной пары ослабляется крепление обмотки в пазах сердечника, а также ослабляются бандажи или обрывается бандажная проволока.

К основным механическим неисправностям относят возникновение трещин в валах, якорных коробках, фланцах, нажимных или лабиринтных кольцах, ослабление их посадки и износ конусных частей вала.

Сначала открывают нижние смотровые коллекторные люки и производят осмотр доступных мест щеточно-коллекторного аппарата и перемычек, а если имеется запись о срабатывании защиты в пути следования, ТЭД подвергают дополнительному осмотру через верхние смотровые люки. Затем проверяют крепление траверсы и устраняют последствия перебросов электрической дуги по коллектору с проворотом траверсы и якоря. Осматривая крышки моторно-якорных подшипников, обращают внимание на отсутствие латунной пыли вокруг них и повышенного нагрева.

Осматривают *коллектор*, устраняют следы перебросов дуги и кругового огня на коллекторе. При затягивании меди на пластинах производят прочистку ламелей коллектора со снятием фасок. В случае обнаружения сколов на щетках или кругового огня по коллектору после его зачистки проверяют биение, которое не должно превышать 0,1 мм (рис. 31).

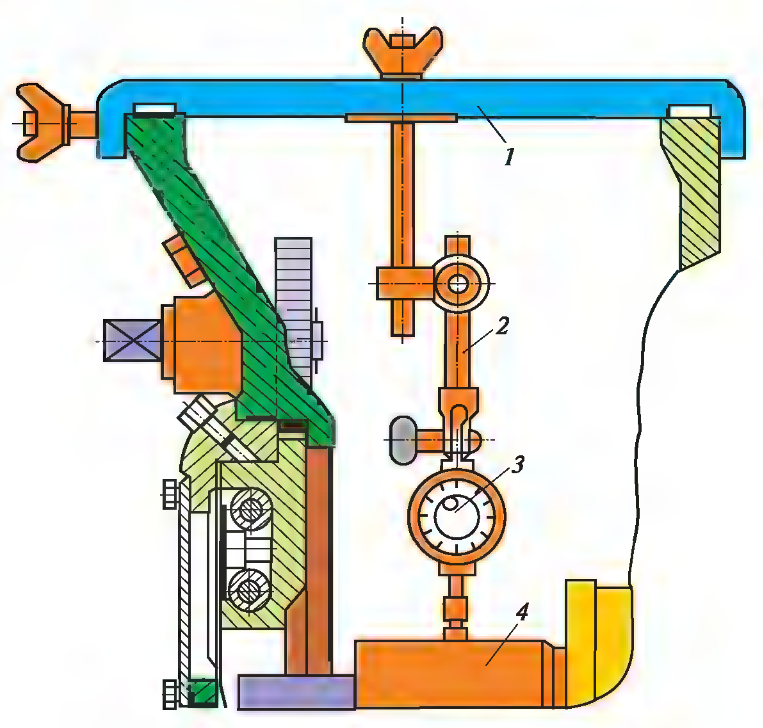


Рис. 31. Устройство для проверки биения коллектора:
1 — струбцина; *2* — стойка; *3* — индикатор; *4* — коллектор

Для определения выработки коллектора с помощью щупа и линейки (рис. 32) линейку *2* устанавливают узким ребром на коллекторную пластину *3* и щупом *1* по всей ее длине измеряют зазор между нижней кромкой линейки и рабочей поверхностью пластины. Такие замеры делают в нескольких местах по окружности коллектора.

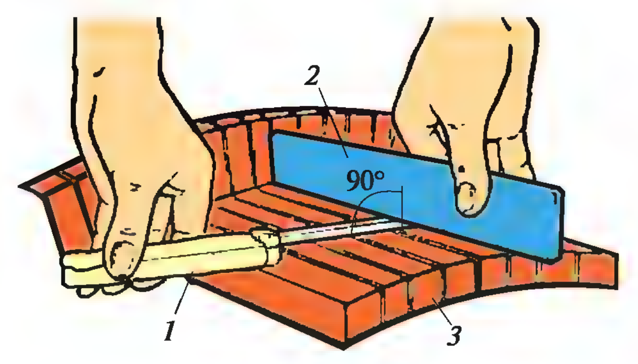


Рис. 32. Определение износа коллектора: *1* — щуп; *2* — линейка; *3* — коллекторная пластина

Также можно определить износ коллектора с помощью индикатора часового типа (рис. 33).

Поврежденную изоляцию в местах переброса электрической дуги покрывают эмалью НЦ-929 или ГФ-92ХС, предварительно очистив поверхность от угольной и металлической пыли волосяной щеткой, с последующей продувкой сжатым воздухом и промывкой от копоти техническим спиртом или авиационным бензином Б-70.

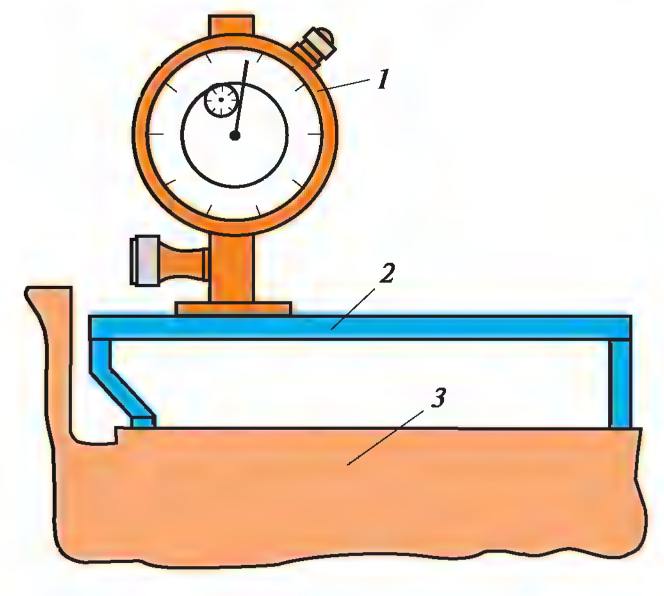


Рис. 33. Приспособление для измерения износа (выработки) коллектора: *1* — индикатор часового типа; *2* — линейка; *3* — коллектор

Межвитковые замыкания, а также качество пайки обмотки в петушках коллектора контролируют по значению падения напряжения в витках обмотки (рис. 34). Для этого на обмотку якоря дают питание от батареи постоянного тока напряжением 12 В, устанавливая контакты батареи на коллекторные пластины по шагу обмотки. Затем милливольтметром, присоединяемым поочередно к каждой паре соседних коллекторных пластин, измеряют падение напряжения в витках обмотки между пластинами. В исправном якоре отклонение стрелки прибора от средних показаний обычно бывает не более 20 %. Повышенное падение напряжения свидетельствует чаще всего о неудовлетворительной пайке обмотки в коллекторе или о наличии надрывов в проводниках секций, а заниженное — может быть вызвано наличием в обмотке межвиткового замыкания.

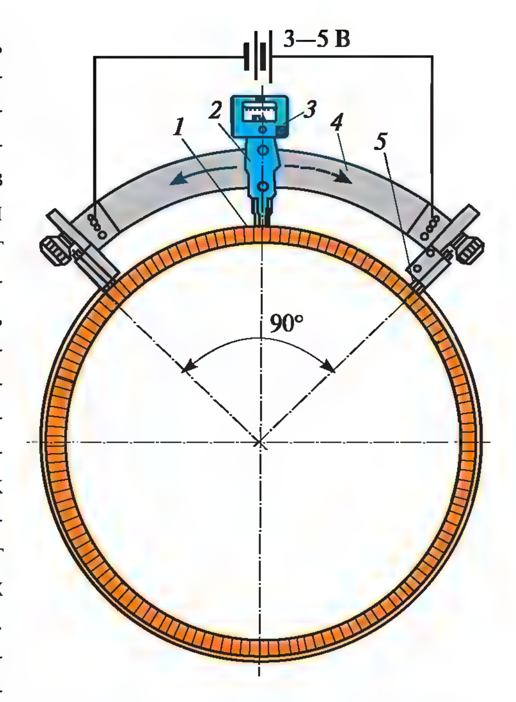


Рис. 34. Приспособление для проверки якоря на межвитковое замыкание:
1 — коллектор; *2* — вилка; *3* — милливольтметр; *4* — скоба; *5* — щетки

При отклонении показаний прибора более 20 % от среднего значения выполняют тщательную проверку якорей, при необходимости места соединений обмотки в коллекторе дополнительно пропаивают и только после устранения выявленных дефектов переходят к дальнейшей проверке и ремонту якоря.

Затем осматривают бандажи и клинья. При обнаружении окисления или нарушения целостности припоя между витками проволочных бандажей их очищают и пропаивают с применением предусмотренных технологией припоев и флюсов. Бандажи и клинья с

механическими повреждениями заменяют. Для изготовления клиньев используют специальный станок (рис. 35).

Стеклобандажи во время ремонта электрических машин простукивают молотком массой 200 г. Возникновение глухого звука свидетельствует о расслоении материала, поэтому такие бандажи заменяют. Подлежат замене также стеклобандажи, имеющие прожоги, расслоения, поперечные и сквозные трещины, за исключением бандажей с продольными (вдоль волокон) трещинами, имеющими ширину не более 0,5 мм, длину до 300 мм и глубину до 1 мм или с аналогичными трещинами, которые могут возникнуть у кромки бурта задней нажимной шайбы шириной 0,5 мм и глубиной до 3 мм.

Поврежденный стеклобандаж разрезают только в том месте вала, где уложена защитная прокладка из электрокартона.

После замены в ТЭД стеклобандажа на проволочный бандаж или наоборот необходимо произвести дополнительную настройку коммутации машины, изменяя с помощью прокладок воздушный зазор у добавочных полюсов.

Плотность посадки задней нажимной шайбы и крепление металлического фланца к ней проверяют простукиванием с дополнительным подтягиванием болтов. Во время осмотра вентиляторов якорей проверяют их крепление. При обнаружении ослабленных болтов необходимо убедиться в плотности посадки вентиляторов на валу. Для этого снимают все болты, заменяют предохранительные



Рис. 35. Станок для изготовления пазовых клиньев

шайбы, добиваясь нормальной посадки. Те вентиляторы, у которых обнаружены дефекты, ремонтируют или вместо них устанавливают новые. Перед посадкой на вал вентиляторы подвергают статической балансировке, а установку осуществляют с натягом, предварительно нагрев ступицу до температуры 120—150 °С. Конусы и шейки вала якоря подвергают дефектоскопированию.

После пропитки и сушки изоляции якоря *ремонт коллектора* выполняется по следующей технологии (рис. 36):

– продорожка (глубина продорожки 1—1,5 мм, толщина по миканиту — 1,1—1,2 мм) (рис. 37);

– удаление миканита (зачистка, продувка);

– обточка резцом;

– снятие фасок — 0,5×0,5∠45°;

– зачистка, продувка;

– шлифовка коллектора шкурками N00, N000 (класс чистоты 5—7);

– зачистка, продувка;

– полировка (дуб, бук, граб — 7—8 класс чистоты), накатка роликами;

– создание слоя политуры, притирка щеток.

На отремонтированном якоре проверяют соответствие размеров нормам допусков и износов по Правилам ремонта ЦТ-ЦТВР/4782, а также состояние и качество рабочей поверхности коллектора. Затем убеждаются в прочности посадки и надежности крепления



Рис. 36. Последовательность выполнения операции



Рис. 37. Станок для продорожки коллекторов

вентилятора, в отсутствии виткового замыкания и обрывов шин обмотки.

Отремонтированный якорь испытывают на электрическую прочность изоляции переменным током 50 Гц в течение 1 мин напряжением, превышающим на 10 % испытательное напряжение для окончательно отремонтированной электрической машины.

Ремонт якорей электрических машин связан с повышенными опасностями, так как включает в себя работы с грузоподъемными механизмами, различными обрабатывающими станками и другим оборудованием. Поэтому при выполнении ремонта необходимо строго соблюдать Правила по технике безопасности и охране труда.

Обточка и шлифовка коллекторов отдельных тяговых двигателей на электроподвижном составе (ЭПС) должны осуществляться после вывешивания данной колесной пары и подключения тягового двигателя к источнику питания постоянного тока напряжением не более 110 В. Одновременно с этим крайние колесные пары ЭПС с обеих сторон должны быть подклинены и заторможены ручным тормозом.

Перед обточкой и шлифовкой коллектора необходимо:

– прекратить все работы на тяговом подвижном составе и вывести людей в безопасную зону;

– на двери высоковольтной камеры вывесить запрещающий знак (табличку) «Не включать. Работают люди»;

– включить вытяжное устройство;

– подъемные домкраты зафиксировать стопорными гайками;

– щеткодержатель обтачиваемого двигателя заземлить;

– работник, обтачивающий коллектор, должен надеть защитные очки, диэлектрические перчатки, установить защитный экран и положить под ноги диэлектрический коврик.

Обточку и шлифовку коллектора тягового двигателя разрешается выполнять только при установленных кожухах на зубчатой передаче, после контроля правильности собранной схемы, под наблюдением специально выделенного работника, имеющего группу по электробезопасности не ниже III. Инструмент для шлифовки коллектора должен иметь изолирующие рукоятки и непросроченную дату проверки. Продувка коллектора должна производиться с помощью специального приспособления. Работники, осуществляющие продувку, должны применять защитные очки.

Испытание якорей на электрическую прочность изоляции должно производиться на специально оборудованной станции (площадке, стенде), имеющей необходимое ограждение, сигнализацию, знаки безопасности и блокирующие устройства.

Перед началом испытаний и во время них на станции (площадке) не должны находиться посторонние лица.

Сушка и пропитка обмоток. Увеличение срока службы изоляции электрических машин ЭПС — сложная комплексная задача, так как для ее решения требуется создание новых электроизоляционных материалов, совершенствование технологии пропитки обмоток. Во время эксплуатации изоляция обмоток испытывает влияние температуры, вибрации, электрического поля и воздействие окружающей среды (пыль, влага), что приводит к постепенному старению и потере ее электрических и механических свойств.

Наибольшую опасность представляют трещины, в которых может скапливаться вода и токопроводящая пыль. Для повышения надежности и долговечности электрических машин необходимо периодически восстанавливать свойства изоляции методами очистки, сушки и пропитки лаками или компаундами.

Назначение сушки — удалить влагу, попавшую на поверхность и проникшую внутрь обмоток, и тем самым восстановить качество изоляции машины. Для этого можно использовать специаль-

ные калориферы. Изоляцию якорей тяговых электродвигателей в депо восстанавливают сушкой электрическим током. При этом у локомотива, который перемещают по деповским путям на малых позициях контроллера, слегка подтормаживают колесные пары. Во время ремонта ТЭД с их выкаткой и разборкой (на ТР-3 и заводских ремонтах) обмотки сушат в *сушильных или вакуумных печах* или в *специальных автоклавах.* Так как режимы сушки различных узлов машин зависят от типа их изоляции и конструктивных особенностей, то в сушильную печь (рис. 38) одновременно можно загружать только однотипные элементы.

В автоклавы детали подают на специальных тележках по рельсовым путям, а сушку производят при температуре 100—110 °С и давлении около 280 кПа и в вакууме. Крупные детали тяговых электродвигателей, такие как остовы с катушками, статоры и якоря, сушат приблизительно при одинаковых температурах 130—140 °С с выдержкой в течение 10 ч.



Рис. 38. Печь для сушки электрических машин

По окончании установленного времени сушки обмоток проверяют сопротивление изоляции мегомметром. Минимальное сопротивление изоляции обмотки якоря, полюсных катушек и компенсационной обмотки (установленных в остове), которое замеряют при температуре 130—135 °С, с учетом пропитки в лаке ФЛ-98, КО-916 К и последующей сушки должно быть не ниже 1 МОм. При меньшем сопротивлении изоляции сушку продолжают.

Однако полное восстановление электрических свойств изоляции достигается их *пропиткой в лаке*, который проникает в образовавшиеся трещины и пустоты изоляции, восстанавливая ее монолитность, что способствует повышению электрической и механической прочности, влагостойкости и теплопроводности. Назначение пропитки — обеспечивать возможно более длительное сохранение диэлектрических свойств изоляции, восстановленных сушкой. В зависимости от применяемых пропиточных материалов и технологии изоляцию восстанавливают методами местного покрытия, полной пропитки или компаундирования.

Местное покрытие лаками применяют лишь в том случае, когда есть полная уверенность в достаточной электрической прочности изоляции по всей ее толшине с последуюшей сушкой в печи при установленной температуре в течение 4—5 ч.

Пропитка должна быть сквозной, без скопления непросохшего лака, а пропитанные якоря и катушки не должны иметь воздушных мешков. Пропитку якорей производят методом погружения в вертикальном положении и нагретом состоянии, а заканчивают, когда прекращается выделение пузырьков газа на поверхности лака. При погружении уровень лака не должен доходить до «петушков» коллектора.

В депо и на заводах применяют двукратную пропитку — вакуумно-нагнетательную и пропитку методом окунания (рис. 39) с последующим покрытием якоря эмалью, обладающей высокой влагостойкостью и хорошими электроизоляционными свойствами. Данный вид пропитки предусматривает следующую технологическую цепочку: сушка в печи — вакуумно-нагнетательная пропитка — сушка в печи — пропитка окунанием — сушка в печи — покрытие эмалью — сушка в печи. Но во время второй пропитки (окунанием) на поверхности якоря создается дополнительная изоляционная пленка, которая ухудшает условия охлаждения обмотки, ле-

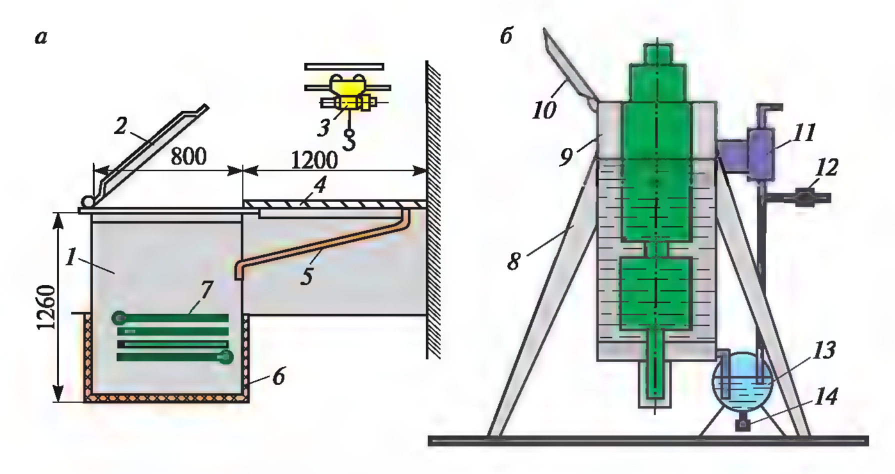


Рис. 39. Ванна для пропитки электрических машин:
а — общий вид; *б* — схема пропитки; *1*, *9* —баки; *2*, *10* — крышки; *3* — тельфер; *4* — решетка; *5* — поддон для стока излишнего лака; *6* — теплоизоляция; *7* — подставка; *8* — якорь; *11* — воздушный редуктор; *12* — воздушный кран; *13* — резервуар для лака: *14* — спускной кран

жащей в его пазах. Чтобы устранить это нежелательное явление и повысить эффективность второй пропитки окунанием, был разработан технологический процесс двукратной вакуумно-нагнетательной пропитки без промежуточной сушки после первой пропитки (т.е. после первой вакуумно-нагнетательной пропитки следует сразу пропитка под давлением). Однако и при такой технологии после выемки якоря из автоклава часть лака вытекает под действием гравитационных сил из пор и трещин изоляции.

Этот недостаток устраняют, применяя одноразовую пропитку якоря с двойным вакуумированием. Уменьшение количества лака, вытекающего из якоря, достигается за счет повторного вакуумирования после второй пропитки под давлением, что ведет к более быстрому устранению из лака летучих веществ (ксилола, толуола). При этом повышаются вязкость и количество лака, остающегося в изоляции обмотки. Такая пропитка способствует также увеличению срока службы изоляции обмотки якоря и повышению надежности работы электрических машин в эксплуатации. Технологическая цепочка при этой пропитке имеет следующую последовательность: сушка в печи — вакуумно-нагнетательная пропитка — про-

питка под давлением с применением вакуумирования — сушка в печи — покрытие эмалью — сушка в печи.

В технологических процессах пропитки изоляции обмоток электрических машин перспективным является применение ультразвука. Ультразвуковые волны большой частоты воздействуют на пропиточный лак и способствуют проникновению его в узкие каналы, полости и микротрещины, многократно усиливая капиллярный эффект. На локомотиворемонтных заводах давно применяют *ультразвуковые установки с магнитострикционными излучателями*. На базе этой установки создана и запущена в эксплуатацию более совершенная ультразвуковая технологическая установка, в которой использован стандартный автоклав для вакуумно-нагнетательной пропитки и комплект ультразвукового оборудования УМ16ПР, изготовленный на базе универсального модуля УМ. Комплект состоит из 16 пьезокерамических ультразвуковых излучателей, закрепленных на рабочей емкости горизонтальными рядами, пульта дистанционного управления, стойки с блоком управления и блоком генераторов, размещенных в смежном взрывобезопасном помещении. Новая ультразвуковая установка имеет ряд преимуществ по сравнению с вакуумно-нагнетательной. Хорошее качество обеспечивается как при пропитке четырех якорей тяговых электродвигателей, одновременно усыновленных в пропиточном баке, так и одиночных якорей электрических машин всех типов.

Проверка якорей после ультразвуковой пропитки и сушки показала, что лак проникает в закрытые бандажами полости обмотки и равномерно покрывает катушки в лобовых частях и пазах якоря.

Сборка электрических машин. Все окрашенные части электрических машин при сборке должны быть чистыми и сухими. Сломанные пружинные шайбы, потерявшие упругость, шайбы с тупыми упорными концами заменяются новыми.

Наружные кольца подшипников устанавливаются в подшипниковый щит в соответствии с требованиями действующей Инструкции по техническому содержанию и ремонту узлов с подшипниками качения локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава.

Для затяжки болтов букс МОП применяют специальное приспособление (рис. 40).

В процессе сборки или на собранной машине проверяют:

– радиальные зазоры в подшипниках;



Рис. 40. Механизированная позиция затяжки болтов букс моторно-осевых подшипников (МОП) тягового электродвигателя

— разбег якоря в осевом направлении;

— зазоры между щетками и щеткодержателем, равномерность расстановки щеток по окружности коллектора и нажатие на щетки;

— расстояние от корпуса щеткодержателя до рабочей поверхности коллектора, корпуса щеткодержателей и рабочей поверхностью контактных колец;

— зазор между «петушками» коллектора и щеткодержателем (при наибольшем смещении якоря в сторону щеткодержателя);

— биение коллектора;

— наличие зазора между щитами и крышками подшипниковых щитов при установке роликовых подшипников;

— зазоры между крышкой подшипникового щита и упорной втулкой, между крышкой подшипникового щита и лабиринтным кольцом;

— плотность прилегания подшипникового щита к остову;

— расстояние от торца моторно-осевой горловины до торца вала.

Радиальный зазор роликового подшипника, проверенный в собранной машине, должен соответствовать требованиям норм допусков и износов. В процессе сборки проверяют торцевое биение (перекос) наружного кольца подшипника специальным приспособле-

нием. Перекос не должен превышать норм, указанных в действующей инструкции по техническому содержанию и ремонту узлов с подшипниками качения локомотивов и моторвагонного подвижного состава.

Закрепление упорного кольца подшипника качения и окончательное крепление крышек подшипниковых щитов производится после проверки радиальных зазоров подшипников.

Между привалочной поверхностью подшипниковых щитов и их крышек после окончательного крепления крышек оставляют зазор. У тяговых двигателей, имеющих щиты с внутренней крышкой, закрепляемой шпильками, обеспечивается зазор между щитом и этой крышкой. Указанные зазоры заполняются цинковыми густотертыми белилами.

Проверку правильности установки щеток на геометрическую нейтраль производят с помощью специальных узких щеток, ширина которых в месте контакта с коллектором не должна превышать ширины одной коллекторной пластины. Допускается вместо узких щеток использовать новые, непритертые щетки. Найденное положение траверсы маркируют нанесением рисок на траверсе и остове краской. Узкие шетки заменяют серийными, заранее просушенными и притертыми на специальном стенде. Площадь прилегания щеток к коллектору после притирки должна быть не менее 75 %.

После сборки машина продувают сухим сжатым воздухом, протирают салфеткой конус и изоляторы.

После приемки машин головки полюсных болтов, где это предусмотрено конструкцией, заливают расплавленной компаундной массой или другим материалом в соответствии с чертежом. На выводные провода тяговых двигателей надевают защитные рукава в соответствии с чертежом. Окраска электрической машины производится в соответствии с чертежом.

Основные нормативы по ремонту тягового двигателя ТЛ-2К, мм

Радиальный зазор	0,1—0,29
Овальность горловин остова под подшипниковый щит, не более	0,6
Овальность подщипникового щита, не более	0,1
Натяг щита на остов	0,07—0,15
Толщина приливов остова под болты крепления букс	34—44
Диаметр отверстий для болтов букс	37—39
Расстояние между посадочными поверхностями остова и буксами	265—270

Непараллельность посадочных поверхностей остова, не более 0,15
Непараллельность привалочных поверхностей букс, не более 0,08
Натяг буксы на остов..0,08—0,35
Диаметр моторно-осевых горловин .... 235—238
Овальность и конусность моторно-осевых горловин, не более 0,3
Натяг щапки на вкладыш МОП ....0,05—0,1
Диаметр гнезда под моторно-якорный
подшипник (МЯП) ....360 (+0.06;–0,018)
Овальность гнезда под МЯП, не более 0,04
Толщина прилива подщипникового щита в местах
отверстий для болтов крепления к остову ....8,5—10
Диаметр отверстий под болты крепления к остову.........................26—28
Расстояние между сердечниками дополнительных
полюсов (ДП) .... 753,2—754,5
Расстояние между сердечниками главных полюсов (ГП).... 748,9—749,2
Расстояние между краями ГП..121,5
Расстояние между краями ГП и ДП..36,7
Разница параметров между строками 20 и 21, не более..........................2
Высота сердечника ГП .... 112,5(+0,45;–0,15)
Высота сердечника ДП .... 104,5(+0,15;–0,15)
Толщина приливов букс в местах
отверстий крепления к остову ....верхний 131—136, нижний 37—43
Расстояние от нижней привалочной
поверхности до ниппеля и до порожка..............................85—93 58—65
Диаметр вала под посадку колец МЯП......................... 140(+0,052;–0,04)
Натяг роликового кольца .... 0,03—0,065
Диаметр вала под упорное кольцо... 137,25—138
Натяг упорного кольца ....0,09—0,15
Зазор между щеткодержателем и коллектором..................................2—4
Зазор между «петущками» коллектора и щеткодержателем,
не менее 4,5
Зазор между якорем и ГП ....4—4,5
Зазор между якорем и ДП..6,3—7

3.3. Испытание тягового электродвигателя ТЛ-2К1 после ремонта

Предварительные испытания двигателя проводят при обкатке его на холостом ходу по 30 мин в каждом направлении, запитывая от сети постоянного тока напряжением 220—400 В. Качество сборки проверяют на слух (в некоторых депо — с помощью устройств диагностики), а также по вибрации и нагреву подшипников, температура которых после 1 ч работы не должна превышать темпе-

ратуру окружающей среды более чем на 55 °C. Повышенная вибрация резко снижает надежность машины, поэтому она не должна превышать 0,15 мм.

Для проведения ***нагрузочных испытаний*** машину устанавливают на стенд, расположенный на станции для испытания (рис. 41). Тяговые двигатели испытывают методом взаимной нагрузки, тем самым добиваясь одновременной проверки двух электрических машин. При установке на стенд двух однотипных машин валы их якорей объединяют муфтой, а остовы жестко крепят относительно рамы стенда. Причем одна из них должна работать в режиме двигателя, а другая — в режиме генератора. Электрическая схема предусматривает соединение, которое позволяет двигателю вращать якорь генератора, а генератору — питать своей энергией двигатель, что обеспечивает их взаимную нагрузку (рис. 42).

В процессе работы обе машины — генератор и двигатель будут обязательно иметь механические и электрические потери. Поэтому, чтобы восполнить эти потери, в цепь включают две другие

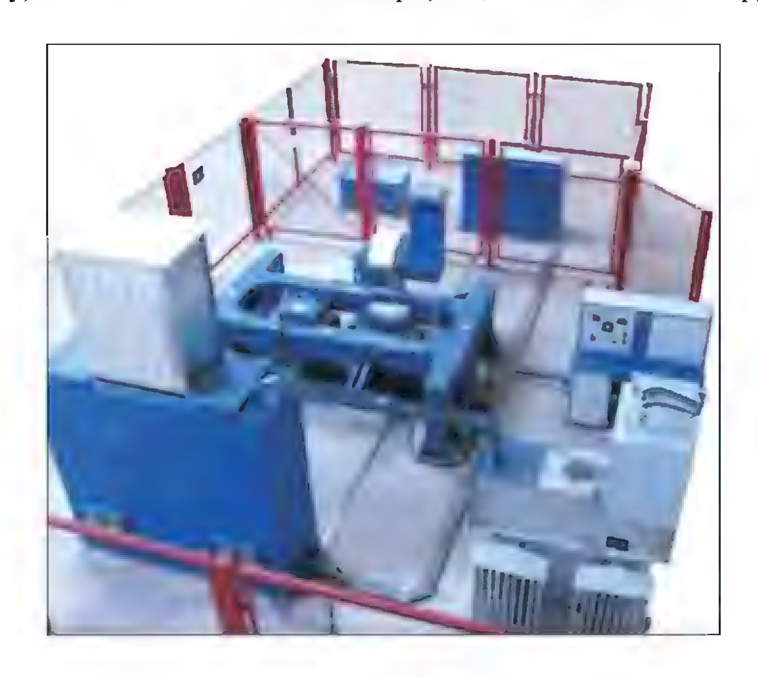


Рис. 41. Испытательная станция электрических мащин

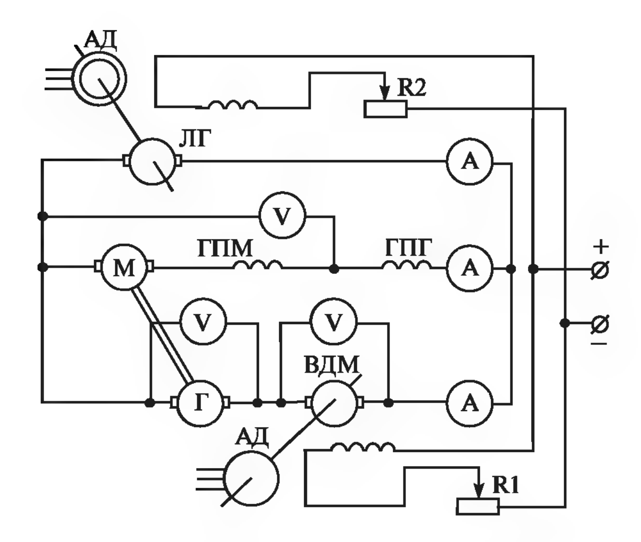


Рис. 42. Принципиальная электрическая схема соединения тяговых двигателей на испытательном стенде:
ГПМ — главный полюс двигателя (мотора); ГПГ — главный полюс генератора

машины: вольтдобавочную машину (ВДМ) и линейный генератор (ЛГ), приводимые во вращение отдельными асинхронными двигателями (АД).

К примеру, в локомотивном ремонтном депо Московка оборудована испытательная станция по методу взаимной нагрузки, имеющая следующие элементы:

– рабочее место мастера, с которого ведется управление испытанием (рис. 43);

– стенд взаимной нагрузки (рис. 44).

Сам процесс установки электрической машины на стенд выглядит следующим образом:

А. Испытуемую машину переводят из электромашинного цеха на испытательную станцию, устанавливают краном на стенд и закрепляют.

Б. Проводят внешний осмотр электрической машины: состояние коллектора, целостность и чистота изоляторов, крепление и зазоры щеткодержателей по отношению коллектора и «петушков», притирка и нажатие щеток, изоляция кабелей, состояние и креп-



Рис. 43. Рабочее место мастера испытательной станции



Рис. 44. Стенд для испытания тяговых электродвигателей методом взаимной нагрузки

ление болтов, трубок смазки, плотность установки лабиринтов, надежность крепления траверсы, чистота двигателя. Допуски не должны превышать требований ремонта электрической машины.

В. Измеряют сопротивление изоляции и омическое сопротивление обмоток электрических машин до и после испытания. Отклонение сопротивления при этом должно быть не более 10 % от нормы. Сопротивление изоляции в обмотках, работающих под напряжением до 1000 В, должно быть не менее 0,5 Мом; при напряжении больше 1000 В — не менее 5 МОм. По результатам измерений омических сопротивлений до и после испытаний проводят расчет превышения температуры обмоток над температурой окружающего воздуха по формуле

$$\frac{R_{гор} - R_{хол}(235 + t_в)}{R_{хол}},$$

где $R_{гор}$ — сопротивление обмоток в нагретом состоянии после испытания в Ом;

$R_{хол}$ — сопротивление обмоток в холодном состоянии до испытаний в Ом;

$t_в$ — температура окружающего воздуха.

Допустимые пределы температуры обмоток:

– для обмоток якоря класса изоляции В — 120 °С;

– для обмотки полюсов класса изоляции F (монолит) — 150 °С;

– допустимая t нагрева коллектора — 95 °С;

– допустимая t нагрева подшипников — 95 °С.

Проверку *электрической прочности* изоляции обмоток электрической машин производят в горячем состоянии постоянным током напряжением 9 кВ или переменным током напряжением 6 кВ в течение 1 мин.

Перед началом испытаний проверяют закрытие и блокировку высоковольтной камеры и колонок стендов, наличие и исправность защитных средств.

При демонтаже электрических машин со стенда разбирают крепление электрической машины на стенде, снимают электрическую машину со стенда испытания, снимают соединительные муфты с валов электрической машины, проверяют состояние конусов вала. Испытанную машину подают в электромашинный цех.

Результаты испытаний заносятся в журнал.

Далее производят *измерения омического сопротивления и сопротивления изоляции* с помощью моста Р-333 (рис. 45) и мегомметра М-4100 2500 В (рис. 46).

Омическое сопротивление обмоток должно быть (±10 %), Ом:

– главных полюсов — 0,0268;

– дополнительных полюсов и компенсационной обмотки — 0,0361;

– якоря — 0,0315.

Сопротивление изоляции для всех обмоток должно быть не менее 3 МОм.

Проверку установки щеток в нейтральное положение производят методом трансформаторной связи между обмотками главных полюсов и якорем.



Рис. 45. Мост Р-333



Рис. 46. Мегомметр М-4100

К разнополярным щеткам двигателя присоединяют через выпрямительный мост милливольтметр. На обмотку главных полюсов подают переменный ток напряжением 50 В. Отклонение стрелки на милливольтметре при этом должно быть не более 15 мВ, в противном случае производят настройку нейтрали поворотом траверсы, добиваясь наименьшего показания прибора.

Присоединяют выводные кабели ТЭД к клеммным контактам колонкам согласно маркировок, закрывают и блокируют колонки.

Испытание ТЭД на нагрев производят в течение 1 ч, каждые по 30 мин двигателем и 30 мин генератором, при напряжении 1500 В, силе тока 480 А, расходе воздуха 95 $м^3$/мин.

Проверку частоты вращения выполняют в процессе испытания двигателей на нагрев после притирки щеток в течение 15 мин от первоначального пуска и после 15 мин реверсирования. Частоту вращения проверяют при часовом режиме двигателя: напряжение 1500 В, ток 480 А. Номинальная частота вращения должна быть 790 об/мин, допускается отклонение не более ±3 % (766—814 об/мин).

Разница между частотами вращения «в одну» и «в другую» сторону вращения, выраженная в процентах от средней арифметической частоты, должна быть не более 2 % (14 об/мин). При бóльших отклонениях производят дополнительную настройку нейтрали, после чего вновь замеряют частоту вращения «в одну» и «в другую» стороны.

Затем проверяют ТЭД на коммутацию.

Двигатель должен иметь удовлетворительную коммутацию при всех режимах работы в обоих направлениях вращения. Испытание по проверке коммутации проводят в течение 30 с в каждую сторону при режимах:

– первый режим U = 1500 В, I = 960 А;

– второй режим U = 2000 В, N = 1690 об/мин. При 4 ступени ослабления магнитного поля главных полюсов доводят скорость вращения до 1690 об/мин;

– третий режим: U = 2000 В, I = 600 А. При 4 ступени ослабления магнитного поля главных полюсов доводят ток якоря до 600 А.

Коммутация. Процесс изменения тока в секциях обмотки якоря при переходе их из одной параллельной ветви в другую называ-

ют *коммутацией.* В более широком смысле под коммутацией понимают все явления и процессы, возникающие под щетками при работе коллекторных электрических машин. Если щетки искрят, то это значит, что машина имеет плохую коммутацию; если искрение отсутствует, то коммутацию называют хорошей. Качество коммутации (интенсивность искрения) в значительной степени определяет работоспособность машины и ее надежность в эксплуатации.

Искрение может вызываться большим количеством причин, которые обычно разбивают на две группы — механические и электромагнитные.

К *механическим причинам* относятся: биение коллектора, его эллиптичность, шероховатость рабочей поверхности коллектора, наличие выступающих коллекторных пластин и изоляционных прокладок, вибрация щеткодержателей и т.п. Эти причины приводят к вибрации щеток, в связи с чем возможен кратковременный разрыв контакта между щеткой и коллекторными пластинами и возникновение кратковременной электрической дуги. Особенно трудно обеспечить устойчивую работу щеток при больших окружных скоростях коллектора — примерно 50 м/с и выше, что связано с особыми свойствами щеточного контакта.

Электромагнитные причины приводят к тому, что даже в случае идеального состояния щеточного контакта при выходе коллекторной пластины из-под щетки происходит разрыв электрической цепи, по которой проходит ток, и возникает короткая электрическая дуга, повреждающая сбегающие части щетки и коллекторных пластин. Искрение, вызванное электромагнитными причинами, повреждает поверхность коллектора и приводит к вибрации щеток, т.е. способствует возникновению искрения по механическим причинам. Неустойчивость щеточного контакта, обусловленная механическими причинами, существенно влияет на электромагнитные процессы, происходящие в коммутируемых секциях. Поэтому, как правило, искрение щеток на коллекторе является результатом совместного действия многих причин.

Качество коммутации оценивается степенью искрения (классом коммутации) под сбегающим краем щетки, из-под которого выходят пластины коллектора при его вращении. Степени искрения и их характеристики согласно ГОСТ 183—74 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Степени искрения

Степени искрения	Характеристика степени искрения	Состояние коллектора и щеток
1	Отсутствие искрения (темная коммутация)	—
1 1/4	Слабое точечное искрение под небольшой частью щетки	Отсутствие почернения на коллекторе и нагара на щетках
1 1/2	Слабое искрение под большей частью щетки	Появление следов почернения на коллекторе, легко устраняемых протиранием поверхности коллектора бензином, а также следов нагара на щетках
2	Искрение под всем краем щетки. Допускается только при кратковременных толчках нагрузки и перегрузках	Появление следов почернения на коллекторе, не устраняемых протиранием поверхности коллектора бензином, а также следов нагара на щетках
3	Значительное искрение под всем краем щетки с наличием крупных вылетающих искр. Допускается только для моментов прямого (без реостатных ступеней) включения или реверсирования машин, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы	Значительное почернение на коллекторе, не устраняемое протиранием коллектора бензином, а также подгар и разрушение щеток

Как видно из табл. 2, при длительной работе машины допускается слабое искрение под щетками. Однако требования ГОСТа проверяют только при контроле качества коммутации электрических машин, выпускаемых с завода. В эксплуатации может наблюдаться искрение значительно большей интенсивности, поскольку машина работает в форсированных режимах (при перегрузках или повышенной частоте вращения). Повышенное искрение щеток могут вызывать и другие особенности эксплуатации: вибрация и удары машины, работа на высоте более 1000 м над уровнем моря, работа в запыленных помещениях или в агрессивной среде и т.п. Поэтому технические требования, предъявляемые к разработ-

ке машин постоянного тока, должны учитывать условия их будущей эксплуатации.

Испытание на повышенную частоту вращения производят путем включения двигателя без нагрузки, постепенно поднимая напряжение линейного генератора, доводят частоту вращения до 2260 об/мин и испытывают в течение 2 мин. При остановке двигателей проверяют биение коллектора, состояние щеток и работу подшипников.

Измеряют омическое сопротивление и сопротивление изоляции в горячем состоянии и рассчитывают температуру нагрева обмоток, замеряют температура коллектора.

Испытание электрической прочности проводят путем подачи высоковольтным проводом напряжения от высоковольтной камеры к обмоткам двигателей, поднимая переменное напряжение до 6 кВ в течение 1 мин.

Испытание на внезапное исчезновение и восстановление питающего напряжения проводят по схеме, обеспечивающей при токе, равном $I_{ном}$, и при напряжении на двигателе не менее $1{,}2U_{ном}$ в момент повторного включения питания (ручным или автоматическим выключателем) и не менее $0{,}9U_{ном}$ после момента повторного включения в течение всего времени переходного процесса до момента начала установившегося режима.

Испытания проводят три раза при наибольшем возбуждении и три раза при наименьшем с интервалами между испытаниями в несколько минут.

Контроль качества ремонта. Комплексная система контроля качества тяговых двигателей электромашинного цеха (КСК-ЭМЦ ТЭД).

Комплексная система контроля качества электромашинного цеха предназначена для диагностики состояния и контроля технических характеристик тяговых электрических двигателей локомотивов, электро- и дизель-поездов в цехах по ремонту и испытаниям электрических машин.

В состав КСК-ЭМЦ входит рабочее место мастера и требуемый набор рабочих постов контроля, который формируется по желанию Заказчика в зависимости от его потребностей и особенностей организации ремонтного процесса.



Рис. 47. Рабочий пост комплексной системы контроля качества тяговых электродвигателей

Каждый рабочий пост контроля (рис. 47) состоит из стойки, на которой закреплен блок электроники, содержащий интеллектуальные модули обработки информации. Управление работой постов осуществляется при помощи терминального модуля. Подключение к диагностируемому оборудованию происходит при помощи щупов, входящих в комплект поставки.

Каждый рабочий пост контроля предназначен непосредственно для измерения параметров диагностируемого оборудования и устанавливается на соответствующем рабочем месте слесаря по ремонту. Количественные результаты измерений отображаются на алфавитно-цифровом дисплее терминального модуля и передаются на рабочее место мастера, которое представляет собой персональный компьютер с набором специализированного программного обеспечения. Там происходит обработка результатов измерений и их хранение. Результаты качественной оценки (соответствие/несоответствие) и рекомендации ремонтному персоналу передаются обратно на рабочие посты контроля и выводятся на дисплей терминального модуля. Процесс обмена информацией между рабочими постами контроля и рабочим местом мастера происходит в автоматическом режиме. Связь обеспечивает локальная вычислительная сеть.

Применение КСК-ЭМЦ позволяет:

— максимально автоматизировать и упростить процесс контроля и диагностики ТЭД;

— оптимизировать объем ремонтных операций за счет предварительной оценки состояния ТЭД;

— идентифицировать диагностируемое оборудование и сохранять результаты, полученные в ходе проведения диагностики, в единой электронной базе данных (создание электронного паспорта);

— минимизировать затраты времени на проведение контрольно-диагностических операций;

— фиксировать данные о слесаре, проводившем ремонт, что приводит к повышению персональной заинтересованности работника в качестве проводимых работ.

Мобильный прибор контроля линейных размеров «Доктор-060L» (рис. 48) предназначен для измерения линейных параметров различных элементов тяговых двигателей.

«Доктор-060L» относится к ручному оборудованию. Питание прибора осуществляется от встроенных аккумуляторных батарей, зарядка которых предусмотрена от сети переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц через блок питания, входящий в комплект поставки, или от любого источника постоянного тока напряжением 12 В.

В комплект поставки «Доктор-060L» входят:

– нутромер электронный специальный (НЭС), который служит для измерения диаметров горловин остовов с коллекторной и противоколлекторной стороны, расстояний между главными полюсами и между дополнительными полюсами;

– штангенциркуль электронный специальный (ШЦЭС), который служит для измерения диаметра посадочной поверхности подшипникового щита в остов и ее овальности;



Рис. 48. Мобильный прибор контроля линейных параметров тягового электродвигателя («Доктор-060L»):
а — блок ввода данных; *б* — электронный щпангенциркуль;
в — электронная измерительная скоба

– скоба измерительная электронная специальная (СИЭС), которая служит для измерения рабочей поверхности коллектора тягового двигателя;

– штангенциркуль электронный, который служит для измерения линейных размеров деталей тягового двигателя в диапазоне до 200 мм.

Указанный измерительный инструмент подключается к «Доктор-060L» по мере необходимости через специальный разъем. Оператор управляет процессом измерения при помощи клавиатуры, расположенной на лицевой стороне прибора, путем выбора соответствующих пунктов меню, выводимого на дисплей. После каждого проведенного измерения на дисплей прибора выводится результат измерения и оценка его соответствия норме. Служебные операции, связанные с идентификацией диагностируемого оборудования, выбором вида ремонта и передачей данных на рабочее место мастера, также осуществляются при помощи клавиатуры.

По результатам проведенных измерений «Доктор-060L» позволяет определять у элементов тягового двигателя степень и неравномерность износа, смещения и нарушения соосности, отклонения от заданной формы (овальность, конусность и пр.).

Глава 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

4.1. Электродвигатель компрессора НБ-431

Электродвигатель НБ-431 служит приводом компрессора КТ-6, который сжатым воздухом питает пневматическую сеть электровоза.

Технические параметры электродвигателя НБ-431

Мощность, кВт ... 21
Напряжение, В ... 3000
Ток якоря, А ... 9,5
Частота вращения, об/мин ... 440
Сопротивление демпферного резистора в цепи якоря, Ом ... 27
Сопротивление обмотки якоря при температуре 20 °С, Ом ... 22
Сопротивление всех катушек главных полюсов при температуре 20 °С, Ом ... 12
Сопротивление всех катушек дополнительных полюсов при температуре 20 °С, Ом ... 6
Класс изоляции по нагревостойкости ... А
КПД без демпферного резистора ... 0,786
Режим работы ... повторно-кратковременный, ПВ 50 %
Система вентиляции ... независимая
Количество охлаждающего воздуха, не менее, $м^3$/мин ... 14
Масса, кг ... 1085

Конструкция. Электродвигатель НБ-431 (рис. 49) — постоянного тока, четырехполюсный, с последовательным возбуждением — состоит из остова, якоря, щеточного аппарата и подшипниковых щитов.

Остов электродвигателя цилиндрической формы отлит из стали 25Л-1, он служит одновременно магнитопроводом. На стороне, противоположной коллектору, имеются окна, закрытые сеткой, для выхода вентилирующего воздуха, а в нижней части — лапы для крепления его к фундаменту.

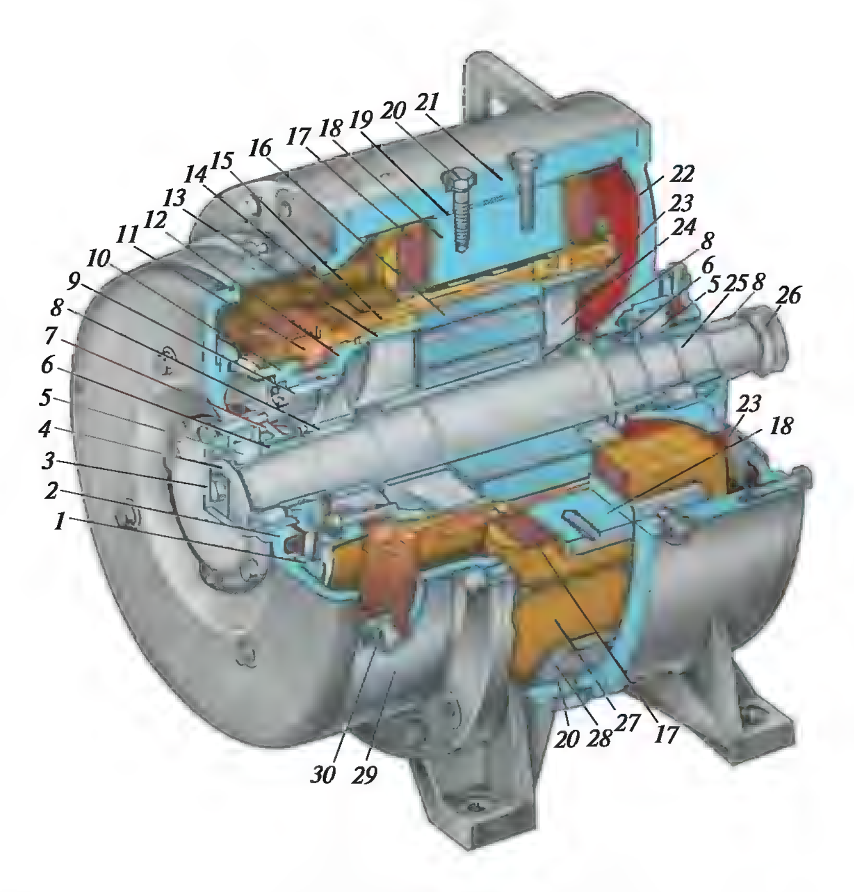


Рис. 49. Общий вид двигателя НБ-431:

1 — траверса; *2*, *22* — передний и задний подщипниковые щиты; *3* — крышка подщипника; *4* — щайба; *5* — подщипник; *6* — втулка; *7* — лабиринтная крыщка подщипника; *8* — щпонка; *9* — коллекторный болт; *10*, *12* — передний и задний нажимные конусы; *11* — коллектор; *13*, *24* — передняя и задняя нажимные шайбы; *14* — бандаж; *15* — катушка якоря; *16* — якорь; *17*, *18* — катушка и сердечник дополнительного полюса; *19* — прокладка; *20* — болт; *21* — остов; *23* — вентиляционный люк; *25* — вал; *26* — гайка; *27*, *28* — катушка и сердечник главного полюса; *29* — смотровой люк; *30* — щеткодержатель

Сердечники главных полюсов набраны из тонколистовой стали Ст2 толщиной 1,5 мм, скреплены стальными заклепками и прикреплены к остову тремя стальными шпильками М24. Сердечники дополнительных полюсов изготовлены из толстолистового

стального проката с латунными наконечниками и закреплены на остове двумя латунными болтами М16. Для обеспечения надежной коммутации при переходных режимах между остовом и дополнительными полюсами проложены дюралюминиевые прокладки толщиной 1 мм.

Катушки главного (рис. 50) и дополнительного (рис. 51) полюсов имеют 564 и 393 витка соответственно и изготовлены из обмоточной меди.

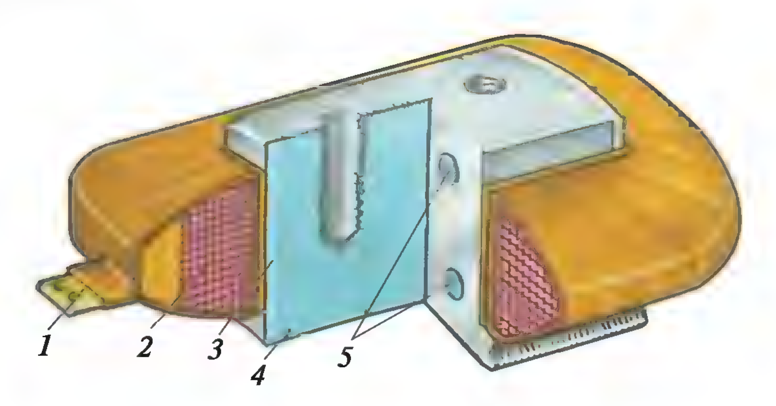


Рис. 50. Главный полюс электродвигателя НБ-431:
1 — вывод; *2, 4* — катушка и сердечник главного полюса;
3 — боковая пластина; *5* — заклепки

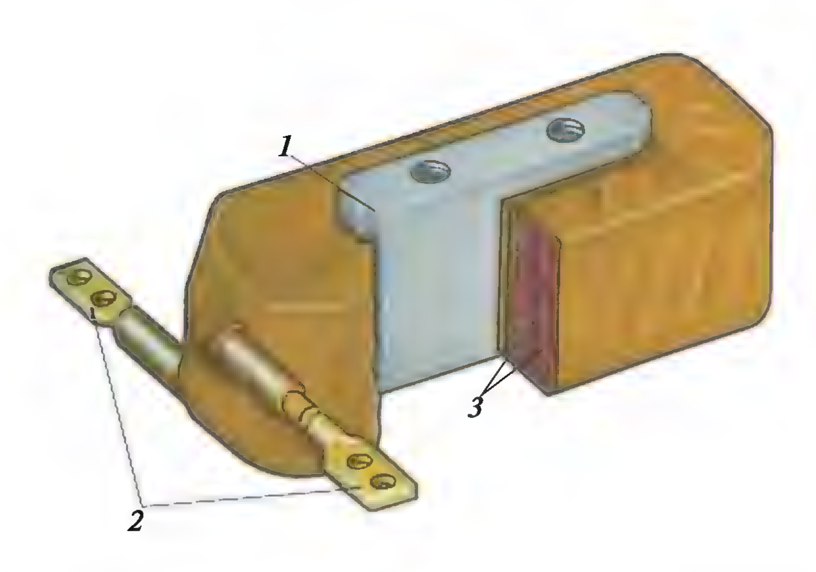


Рис. 51. Дополнительный полюс электродвигателя НБ-431:
1, 3 — сердечник и катушка дополнительного полюса; *2* — выводы

Корпусная изоляция катушек главных и дополнительных полюсов выполнена из шести слоев стеклослюдинитовой ленты и одного слоя технической лавсановой термоусаживающейся ленты, уложенных с перекрытием в половину ширины ленты. Воздушный зазор между якорем и главным полюсом составляет 3 мм, а между якорем и дополнительным полюсом — 6 мм.

Щеточный аппарат (рис. 52) электродвигателя НБ-431 состоит из траверсы поворотного типа, в которой закреплены четыре изоляционных пальца. Палец представляет собой стальную арматуру, опрессованную прессмассой, сверху которой насажен фарфоровый изолятор. На пальцах закреплены четыре щеткодержателя, которые можно регулировать в радиальном направлении. В щеткодержателе установлено по одной щетке марки ЭГ-61 размерами 10×25×50 мм.

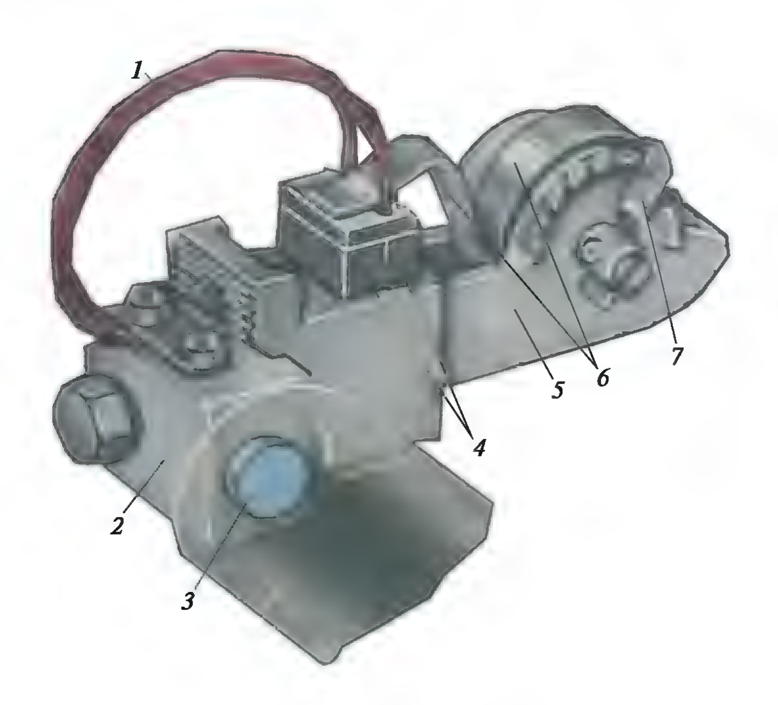


Рис. 52. Щеткодержатель:
1 — шунт; *2* — кронштейн щеткодержателя; *3* — палец; *4* — щетки; *5* — корпус щеткодержателя; *6* — нажимная пружина; *7* — стопорная пластина

Якорь электродвигателя состоит из коллектора и обмотки, уложенной в пазы сердечника, набранного в пакет из электротехнической стали толщиной 0,5 мм и имеющего три ряда аксиальных отверстий диаметром 25, 22, 18 мм для прохода вентилирующего воздуха, а также из передней и задней нажимных шайб и вала. Пакет якоря с нажимными шайбами и коллектор напрессованы на вал якоря.

Коллектор двигателя набран из 343 медных пластин, диаметр его рабочей поверхности составляет 390 мм. Медные пластины изолированы друг от друга миканитовыми прокладками, а от корпуса — миканитовыми манжетами и цилиндром.

Обмотка якоря волнового типа электродвигателя состоит из 49 катушек, каждая из которых состоит из семи секций, намотанных из круглого провода в два оборота. Соединение концов обмотки и клиньев с «петушками» выполнено пайкой оловом с флюсом погружением в ванну. Корпусная изоляция катушек состоит из шести слоев стеклослюдинитовой ленты, одного слоя ленты из фторопласта толщиной 0,03 мм и одного слоя стеклоленты толщиной 0,1 мм, уложенных с перекрытием в половину ширины ленты.

Катушки якоря в пазах (рис. 53) и лобовые части катушек закреплены стеклобандажной лентой на сердечнике якоря. Для намотки ленты предусмотрены радиальные канавки. Схема соединения обмоток якоря приведена на рис. 54.

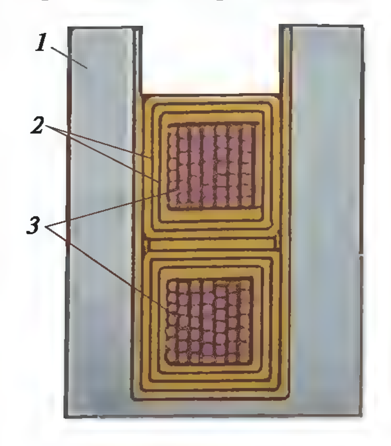


Рис. 53. Паз и обмотка якоря: *1* — сердечник якоря; *2* — изоляция; *3* — катушка якоря

В качестве якорных подшипников в электродвигателе НБ-431 применены роликовые. Со стороны коллектора установлен фиксирующий роликовый подшипник; со стороны, противоположной коллектору, — плавающий. Наружные кольца подшипников запрессованы в подшипниковые щиты, изготовленные из стального литья, а внутренние кольца напрессованы на вал якоря. Конструктивное исполнение подшипникового узла обеспечивает создание в нем камеры для смаз-

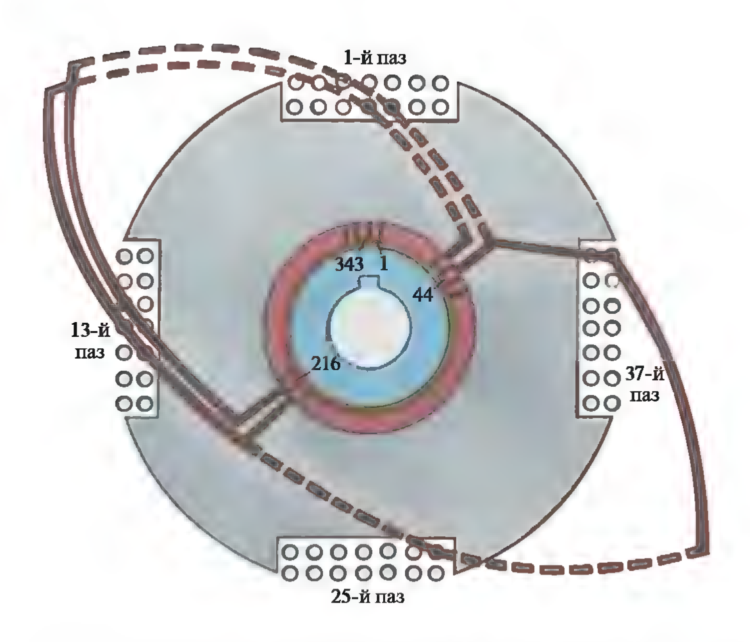


Рис. 54. Схема соединения обмоток якоря электродвигателя

ки, а также уплотнение для предотвращения утечки смазки. Подшипниковые щиты прикреплены к остову шестью болтами М20 с пружинными шайбами.

На подшипниковом щите со стороны коллектора имеется специальное окно (размерами 120×120 мм), к которому подсоединен брезентовый патрубок для подачи вентилирующего воздуха, поступающего из раструба вентиляционного канала электровоза. Подшипниковый щит со стороны, противоположной коллектору, имеет отверстие, закрытое сеткой, для выхода вентилирующего воздуха.

Сборку электродвигателя НБ-431 производят в такой последовательности. В остов запрессовывают и закрепляют подшипниковый щит со стороны коллектора, затем остов устанавливают на специальном стеллаже щитом вниз, размещают якорь, запрессовывают и закрепляют подшипниковый щит со стороны, противоположной коллектору, после чего поворачивают электродвигатель в рабочее положение. Со стороны коллектора горячим способом насаживают приставное кольцо, устанавливают в торцовую шайбу подшипниковую крышку и закрепляют. Разборку электродвигателя выполняют в обратной последовательности.

4.2. Электродвигатели ТЛ-122 и ТЛ-110В электровоза ВЛ11^{М}

На электровозе ВЛ11м установлены двигатели постоянного тока серии ТЛ. Двигатель ТЛ-122 (рис. 55) служит приводом компрессора КТ-6, который сжатым воздухом питает пневматическую сеть электровоза, а двигатель ТЛ-110В — приводом центробежного вентилятора Ц13-50 и генератора управления НБ-110В.

Оба двигателя постоянного тока — четырехполюсные с последовательным возбуждением. Они состоят из остова *6*, якоря, щеточного аппарата *1* и подшипниковых щитов *3* и *9*. Остовы двигателей цилиндрической формы отлиты из стали 25Л-1 или выполнены сварными из стального проката марки Ст3 и служат одновременно магнитопроводами. На стороне, противоположной коллектору, имеются окна, закрытые сеткой, для выхода вентилирующего воздуха, а в нижней части — лапы для крепления двигателя к фундаменту.

Сердечники 14 главных полюсов двигателя ТЛ-122 набраны из тонколистовой стали Ст2 толщиной 1,5 мм, скреплены стальными заклепками и прикреплены к остову двумя стальными шпильками М24. Сердечники *5* дополнительных полюсов изготовлены из толстолистового стального проката с латунными наконечниками и прикреплены к остову двумя латунными болтами М16. Для обеспечения надежной коммутации при переходных режимах между остовом и дополнительными полюсами проложены дюралюминиевые прокладки толщиной 3 мм.

Катушка 13 главного полюса имеет 460 витков из обмоточной меди марки ПСД диаметром 2 мм, а катушка *12* дополнительного полюса — 393 витка из такой же меди диаметром 1,8 мм. Воздушный зазор между якорем и главным полюсом составляет 4 мм, а между якорем и дополнительным полюсом — 6 мм.

Щеточный аппарат двигателя ТЛ-122 состоит из траверсы поворотного типа, в которой закреплены четыре изоляционных пальца в виде стальной арматуры, опрессованной прессмассой, поверх которой закреплен фарфоровый изолятор. На пальцах смонтированы четыре щеткодержателя, в каждом их которых установлено по одной щетке марки ЭГ-61 размерами 10×25×50 мм. Щеткодержатели можно регулировать в радиальном направлении.

Якорь двигателя состоит из коллектора *2*, обмотки *10*, уложенной в пазы сердечника *7*, набранного в пакет из рулонной элект-

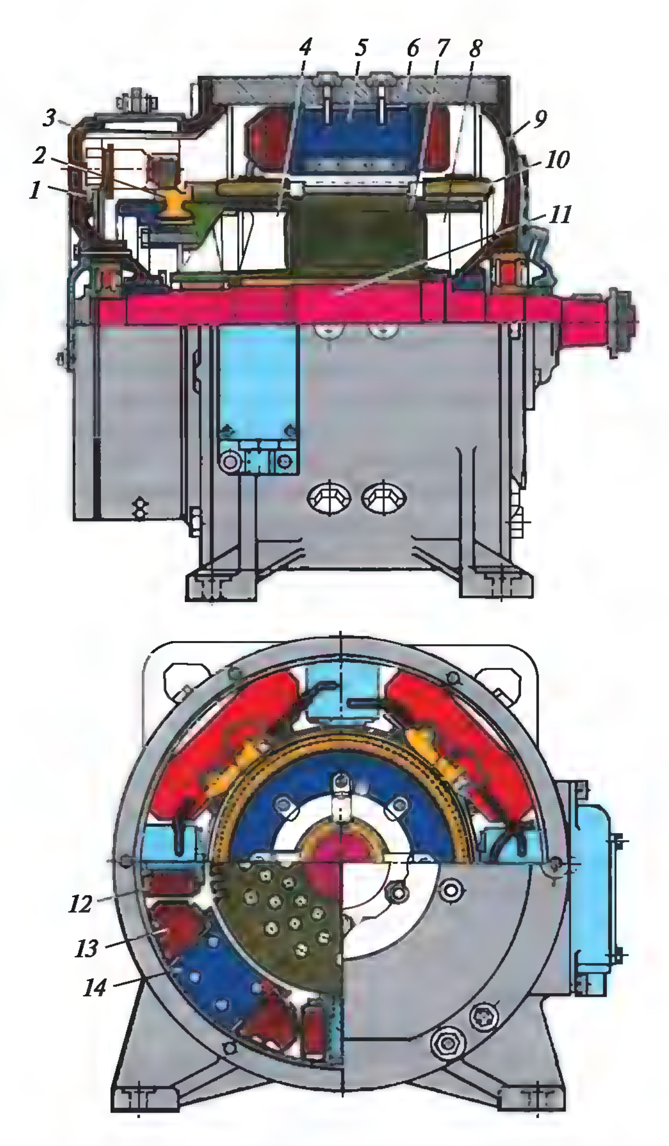


Рис. 55. Двигатель ТЛ-122 мотор-компрессора электровоза ВЛ11М:
1 — траверса со щеточным аппаратом; *2* — коллектор; *3*, *9* — подшипниковые щиты; *4*, *8* — нажимные шайбы; *5*, *12* — сердечник и катушка дополнительного полюса; *6* — остов; *7*, *10* — сердечник и обмотка якоря; *11* — вал якоря; *13*, *14* — катушка и сердечник главного полюса

ротехнической стали 2212 толщиной 0,5 мм и имеющего три ряда аксиальных отверстий диаметрами 25, 22 и 18 мм для прохода вентилирующего воздуха, а также из передней *4* и задней *8* нажимных шайб, вала *11*. Пакет якоря с нажимными шайбами и коллектор напрессованы на вал якоря. Коллектор *2* набран из 343 медных пластин, диаметр его рабочей поверхности составляет 400 мм. Медные пластины изолированы друг от друга миканитовыми прокладками, а от корпуса — миканитовыми манжетами и цилиндром.

Волновая обмотка якоря состоит из 49 катушек, в каждую из которых входят семь секций, намотанных из круглого провода диаметром 0,85 мм в шесть оборотов. Соединение концов обмотки и клиньев с «петушками» выполнено пайкой оловом с флюсом КСп погружением в ванну. Корпусная изоляция катушек представляет собой шесть слоев стеклослюдинитовой ленты толщиной 0,09 мм, один слой ленты из фторопласта толщиной 0,03 мм и один слой стеклоленты толщиной 0,1 мм, уложенных в полуперекрышу. Катушки якоря в пазах и лобовые части катушек закреплены стеклобандажной лентой. На сердечнике якоря для намотки стеклобандажной ленты предусмотрены радиальные канавки.

4.3. Преобразователь НБ-436

Преобразователь НБ-436 устанавливается в машинном отделении каждой секции электровоза и предназначен для питания обмоток возбуждения тяговых электродвигателей при рекуперативном торможении. Технические данные преобразователя приведены в табл. 3.

Таблица 3

Технические параметры преобразователя НБ-436

Параметры	Ед. изм.	Значения параметров	
		двигателя	генератора
Напряжение на коллекторе	В	3300	38
Ток якоря	А	15	800
Мощность	кВт	40,7	30,4
Сопротивление обмотки якоря при 20 °С	Ом	6,31	0,00331
Сопротивление всех катушек полюсов обмотки последовательного возбуждения при 20 °С	То же	9,07	0,00493

Окончание табл. 3

Параметры	Ед. изм.	Значения параметров	
		двигателя	генератора
Сопротивление всех катушек обмотки независимого возбуждения	Ом	1,060	0,62
То же всех катушек дополнительных полюсов	То же	1,698	0,00162
Класс изоляции по нагревостойкости:			
остова		F	F
якоря		B	B
Частота вращения	об/мин	1290	1290
Система вентиляции		Преобразователь самовентилирующийся	
Сопротивление демпферного резистора	Ом	10	—
КПД без демпферного резистора		0,857	0,755
Масса	кг	1900	1900

Конструкция. Преобразователь НБ-436В (рис. 56) состоит из шестиполюсного низковольтного генератора постоянного тока и четырехполюсного высоковольтного электродвигателя, смонтированных на одном валу и представляющих собой однокорпусный двухмашинный агрегат.

Неразъемный остов *4* (рис. 57) преобразователя цилиндрической формы отлит из стали, он является одновременно магнитопроводом. Остов имеет специальные лапы для крепления преобразователя к фундаменту, а также приливы с отверстиями для транспортировки. Сердечники главных полюсов, двигатели и генератора набраны из тонколистовой стали Ст2 толщиной 1,5 мм и скреплены стальными заклепками, а сердечники дополнительных полюсов — из толстолистовой стали Ст2. К остову главные полюсы прикреплены стальными шпильками М16, а дополнительные полюсы — болтами М16.

Двигатель преобразователя имеет смешанное возбуждение.

На рис. 58—59 приведены схемы соединения обмоток преобразователя.

Катушки главных полюсов электродвигателя (рис. 60, *а*) последовательного возбуждения, имеюшие по 95 витков, изготовлены из прямоугольного провода ПСД сечением 1,6×3,0 мм, а катушки не-

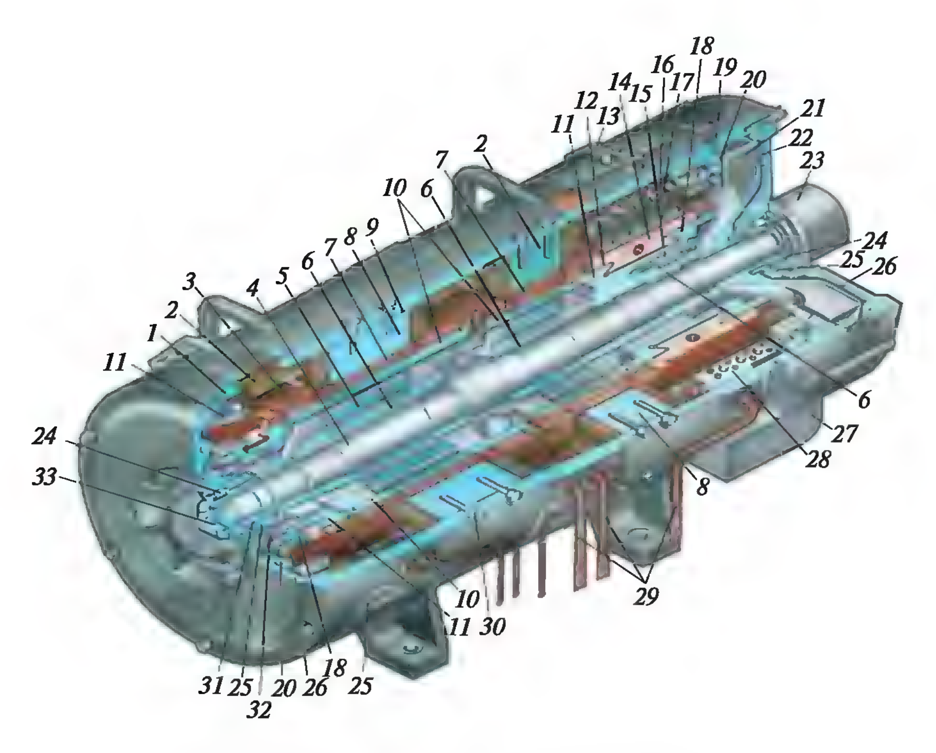


Рис. 56. Общий вид преобразователя НБ-436:

1 — остов; *2* — главный полюс; *3* — бандаж; *4* — вал; *5* — сердечник якоря; *6* — шпонка; *7* — катушка якоря; *8* — добавочный полюс; *9* — прокладки; *10* — нажимная шайба; *11* — втулка коллектора; *12* — манжета; *13* — замок; *14* — коллекторная пластина; *15* — коллекторный болт; *16* — палец щеткодержателя; *17* — щеткодержатель; *18* — нажимной конус; *19* — винт; *20* — траверса; *21* — вентилятор; *22* — балансировочный груз; *23* — реле контроля; *24* — подшипник; *25* — крышка; *26* — подшипниковый щит; *27* — кожух; *28* — шина; *29* — кабель; *30* — болт; *31* — фланец; *32* — втулка; *33* — шайба

зависимого возбуждения — 234 витка из такого же провода сечением 1,6×2,36 мм. Катушки дополнительных полюсов (рис. 60, *б*) имеют по 219 витков и изготовлены из прямоугольного провода ПСД сечением 1,6×3,0 мм.

Корпусная изоляция катушек последовательного возбуждения главных полюсов и катушек дополнительных полюсов состоит из шести слоев, а катушки независимого возбуждения — из трех слоев стеклослюдинитовой ленты сечением 0,13×25 мм, уложенной с пе-

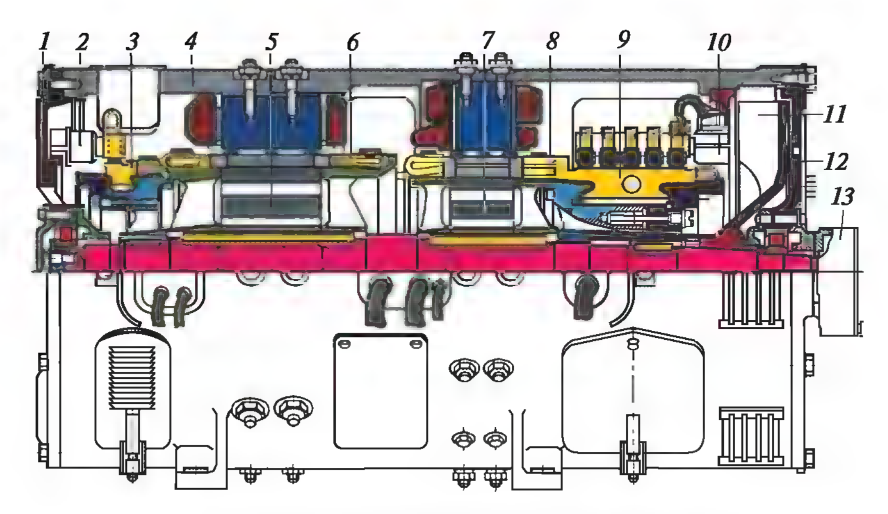


Рис. 57. Продольный разрез преобразователя НБ-436:
1, *12* — подшипниковые щиты; *2*, *10* — щеточные аппараты двигателя и генератора; *3*, *9* — коллекторы двигателя и генератора; *4* — остов; *5*, *7* — сердечники якорей; *6*, *8* — обмотки якорей; *11* — вентилятор; *13* — реле оборотов

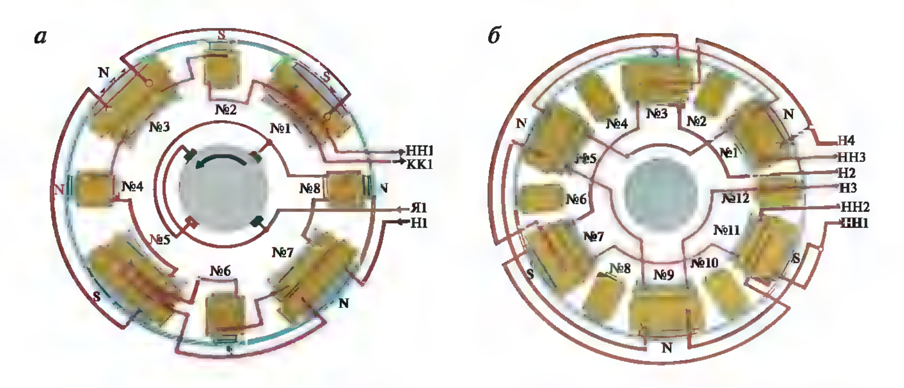


Рис. 58. Схемы соединения катушек полюсов двигателя преобразователя (*а*) и генератора преобразователя (*б*)

рекрытием в половину ширины ленты. Катушки совместно с сердечниками полюсов пропитаны эпоксидным компаундом ЭМТ-1 и представляют собой неразъемный моноблок.

Сердечник якоря набран из электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Он имеет три ряда аксиальных отверстий для прохо-

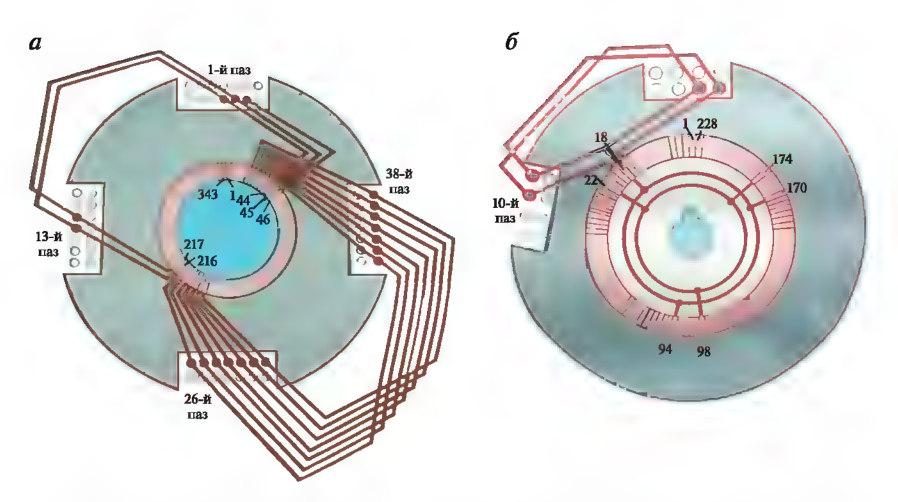


Рис. 59. Схема соединения уравнителей и катушек якоря с коллекторными пластинами генератора преобразователя (*а*) и с коллекторными пластинами двигателя преобразователя (*б*)

Рис. 60. Катушки главного (*а*) и дополнительного (*б*) полюсов электродвигателя: *1* — заклепочный штифт; *2*, *3* — сердечник и обмотка главного полюса; *4* — выводы; *5*, *6* — катушка и сердечник дополнительного полюса

да вентилирующего воздуха. В пазы сердечника уложена обмотка якоря. Обмотка — волнового типа, состоит из 49 катушек, намотанных семью секциями в четыре оборота. Соединение концов обмотки и клиньев с «петушками» выполнено пайкой оловом с флюсом КСп погружением в ванну.

Корпусная изоляция катушек якоря состоит из шести слоев стеклослюдинитовой ленты, уложенной с перекрытием в половину ширины ленты, одного слоя ленты из фторопласта толщиной 0,03 мм, уложенной с перекрытием в 1/4 ширины ленты, и одного слоя стеклянной электроизоляционной ленты, уложенной встык.

Генератор преобразователя имеет независимое возбуждение. На главных полюсах (рис. 61, *а*) размещены катушки независимого и последовательного возбуждения. Катушки получают питание от генератора управления НБ-110 (ДК-405К); они имеют по 230 витков и изготовлены из провода ПСД сечением 1,6×4,0 мм. Корпусная изоляция выполнена из слюдяной ленты в три слоя, уложенных с перекрытием в половину ширины ленты. Катушки последовательного возбуждения, обтекаемые током рекуперации тяговых двигателей, обеспечивают необходимые характеристики генератора для устойчивой работы. Они включены в две параллельные цепи по три последовательно. Катушки имеют по одному витку и изготовлены из прямоугольного медного провода. Намотку выполняют в два параллельных провода. Корпусная изоляция — слюдяная лента в шесть слоев, уложенных с перекрытием в половину ширины ленты.

Катушки дополнительных полюсов генератора (рис. 61, *б*) имеют восемь витков и изготовлены из медного провода. Намотка выполнена в три параллельных провода. Корпусная изоляция — слюдяная лента в три слоя с перекрытием в половину ширины ленты.

Все полюсные катушки совместно с полюсными сердечниками пропитывают эпоксидным компаундом ЭМТ-1 и представляют собой неразъемные моноблоки.

Сердечник якоря генератора набран из электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Сердечник имеет три ряда аксиальных отверстий для прохода вентилирующего воздуха. В пазы сердечника уложена петлевая обмотка *8* якоря (см. рис. 57) с уравнителями. Она состоит из 57 катушек, каждая из которых имеет восемь отдельных проводников, расположенных по высоте в два ряда и по четыре

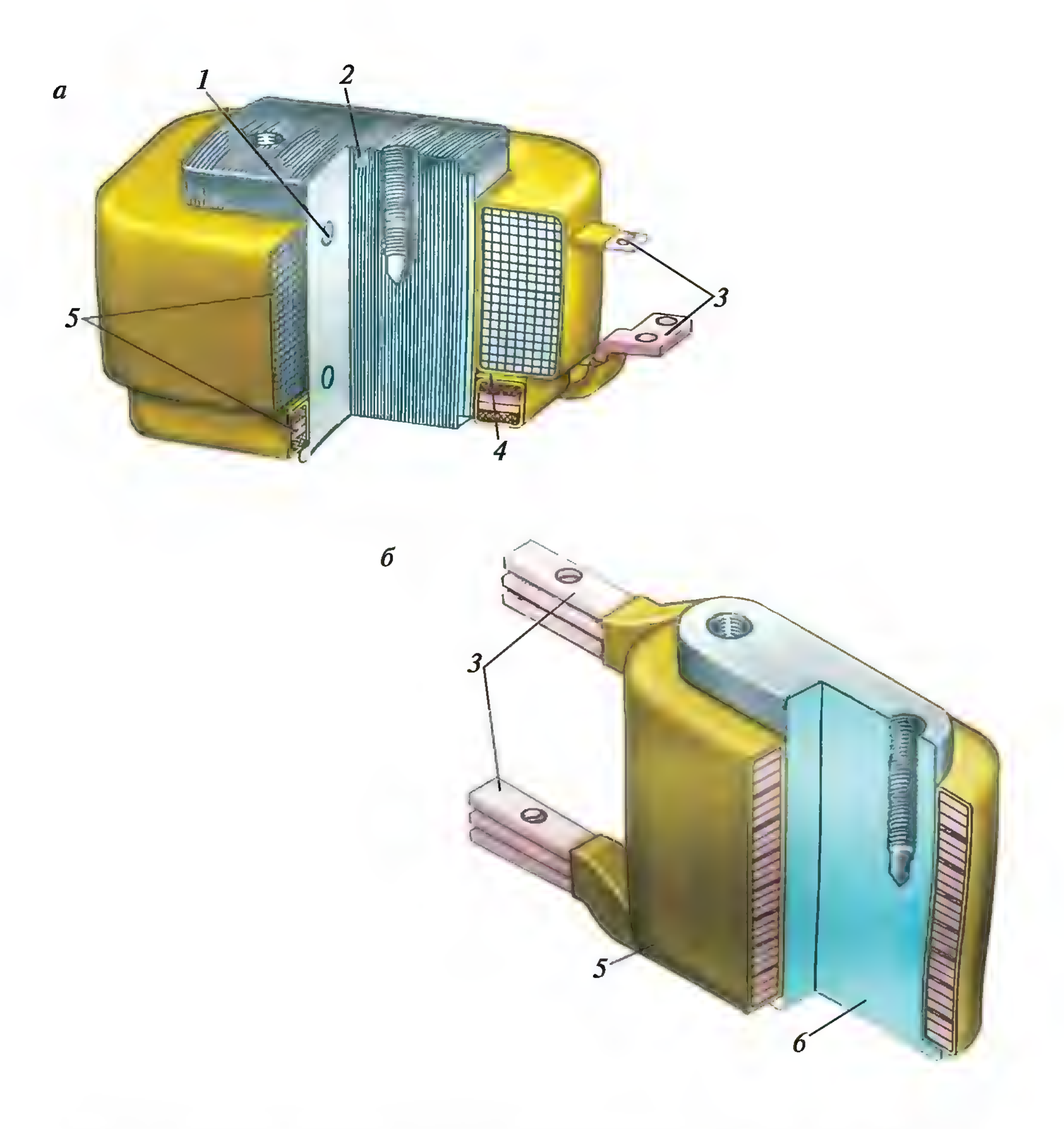


Рис. 61. Катушки главного (*а*) и дополнительного (*б*) полюсов генератора:
1 — заклепочный штифт; *2* — сердечник; *3* — выводы; *4* — прокладка;
5 — полюсная катушка; *6* — сердечник добавочного полюса

проводника в ряду. Обмотка изготовлена из прямоугольного провода. Изоляция катушек выполнена из стеклослюдинитовой ленты, уложенной в два слоя с перекрытием в половину ширины ленты, одного слоя ленты из фторопласта, уложенного с перекрытием в 1/4 ширины ленты, и одного слоя стеклянной электроизоляци-

онной ленты, уложенной встык. Число уравнителей 57. Они изготовлены из провода ПСДК и изолированы одним слоем стеклянной электроизоляционной ленты толщиной 0,1 мм, уложенной с перекрытием в половину ширины ленты. Соединение концов обмотки и клиньев с «петушками» выполнено пайкой оловом с флюсом КСп погружением в ванну.

Якорные подшипники преобразователя — роликовые. Со стороны двигателя установлен фиксируюший подшипник, со стороны генератора — плавающий. Наружные кольца запрессованы в подшипниковые щиты, изготовленные из стального литья, а внутренние кольца напрессованы на вал якоря. Конструктивное исполнение подшипникового узла обеспечивает создание в нем камеры для смазки, а также уплотнения для предотвращения утечки смазки из камеры. Подшипниковые шиты запрессованы в остове и прикреплены к нему каждый шестью болтами М20 с пружинными шайбами.

Преобразователь НБ-436В — самовентилирующаяся машина. Вентилятор машины насажен со стороны коллектора генератора на вал. Со стороны генератора на наружной стороне подшипникового щита установлено реле оборотов.

Сборку преобразователя производят в такой последовательности. На остове преобразователя запрессовывают и закрепляют подшипниковый щит со стороны двигателя. Остов устанавливают на специальном стеллаже запрессованным шитом вниз, затем устанавливают щеточный аппарат двигателя без щеток, опускают якорь преобразователя и устанавливают щеточный аппарат генератора без щеток, запрессовывают и закрепляют подшипниковый щит со стороны генератора. После этого преобразователь поворачивают в рабочее положение и с торца генераторной стороны устанавливают на крышку подшипника корпус реле, а на валу якоря закрепляют реле оборотов. Со стороны двигателя на валу якоря устанавливают шайбу и крышку подшипникового узла, затем щетки и подсоединяют выводы. Разборку ведут в обратном порядке.

4.4. Электродвигатель ТЛ-110М

Электродвигатель постоянного тока ТЛ-110М служит приводом центробежного вентилятора Ц13-50 и генератора управления НБ-110 (или ДК-405К). Электродвигатель установлен в машинном от-

делении каждой секция перпендикулярно продольной оси электровоза.

Технические параметры электродвигателя ТЛ-110М

Мощность, кВт 53,1
Напряжение на коллекторе, В 3000
Ток якоря, А 20,6
Частота вращения, об/мин 990
Сопротивление обмотки якоря при температуре 20 °С, Ом 2,7
Сопротивление катушек главных полюсов
при температуре 20 °С, Ом 2,9
Сопротивление катушек дополнительных полюсов при 20 °С, Ом 0,97
Класс изоляции по нагревостойкости:
остова .... F
якоря .... B
КПД 0,873
Режим работы .... продолжительный
Система вентиляции .... двигатель самовентилирующийся
Возбуждение .... последовательное
Масса, кг 1590

Конструкция. Электродвигатель ТЛ-110М (рис. 62) — постоянного тока, самовентилирующийся, четырехполюсный с последовательным возбуждением — состоит из остова, якоря, щеточного аппарата и подшипниковых щитов.

Остов электродвигателя цилиндрической формы, отлит из стали. Он служит одновременно магнитопроводом. На стороне, противоположной коллектору, расположены окна, закрытые сеткой, для выхода вентилирующего воздуха, а в нижней части — лапы для крепления его к фундаменту. Остов также имеет приливы с отверстиями для транспортировки.

Четыре *главных полюса* имеют вертикальное и горизонтальное расположение, а дополнительные полюсы расположены по диагональным осям. Сердечники главных полюсов собраны из тонколистовой стали Ст2 толщиной 1,5 мм, скреплены стальными заклепками и прикреплены к остову тремя стальными шпильками М24. Сердечники дополнительных полюсов изготовлены из толстолистового стального проката с латунными наконечниками и закреплены на остове тремя латунными болтами М16. Для обеспечения надежной коммутации при переходных режимах между ос-

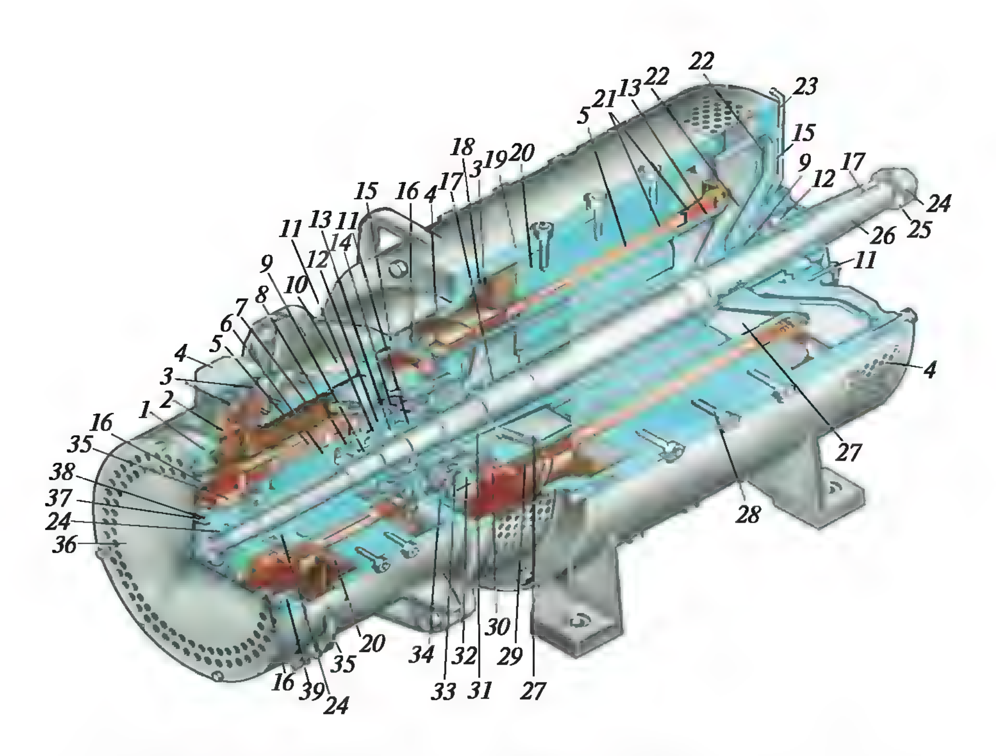


Рис. 62. Общий вид двигателя ТЛ-110М и генератора управления НБ-110: *1* — остов генератора; *2* — изолятор; *3* — кабель; *4* — крышка; *5* — катушка якоря; *6* — якорные листы; *7* — добавочный полюс; *8* — груз; *9* — втулка; *10* — табличка; *11* — крышки подшипника; *12* — болт; *13* — подшипник; *14* — прокладки; *15* — подшипниковый щит; *16* — щеткодержатель; *17* — шпонка; *18* — шнур; *19* — остов электродвигателя; *20* — главный полюс; *21* — бандаж; *22* — вентилятор; *23* — трубка; *24* — гайка; *25* — шайба; *26* — вал; *27* — нажимная шайба; *28* — шпилька; *29* — полюсная катушка; *30* — коллекторная пластина; *31* — втулка коллектора; *32* — нажимной конус; *33* — коллекторный болт; *34*, *39* — траверса; *35* — замок; *36* — щит; *37* — балансировочный груз; *38* — винт

товом и дополнительными полюсами предусмотрены диамагнитные прокладки толщиной 3 мм.

Катушка главного полюса (рис. 63, *а*) имеет 287 витков и изготовлена из прямоугольного провода, а катушка дополнительного полюса (рис. 63, *б*) — 120 витков из такого же провода ПСД. Корпусная изоляция катушек главных и дополнительных полюсов выполнена из слюдяной ленты в шесть слоев с перекрытием в по-

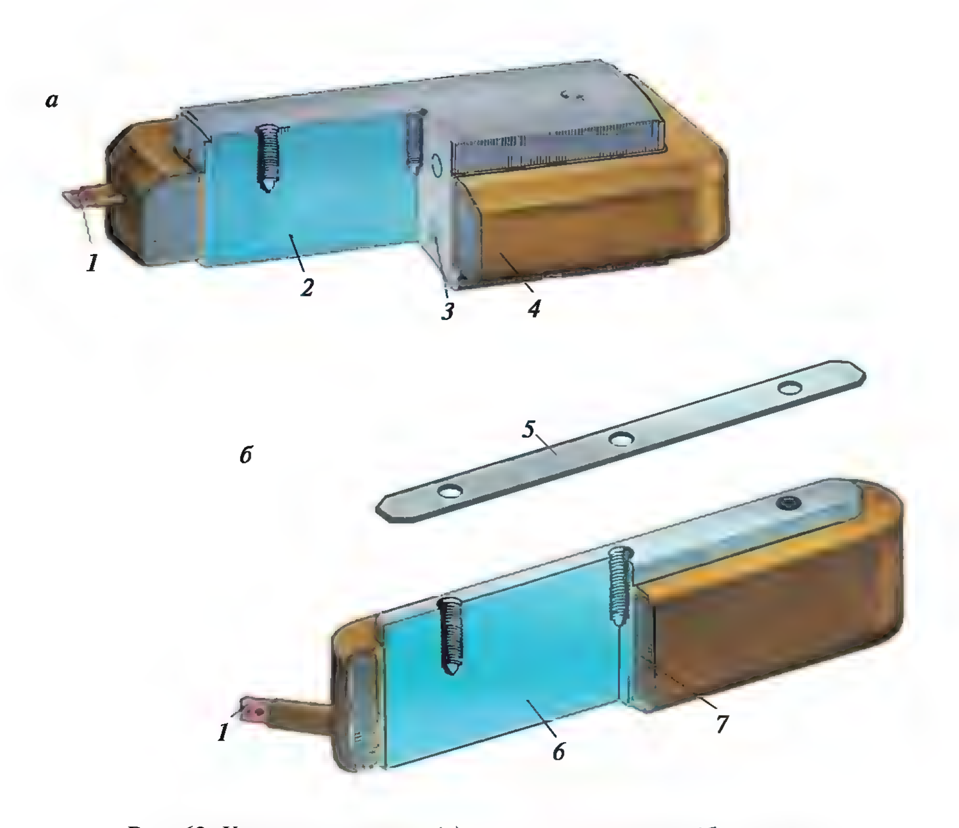


Рис. 63. Катушки главного (*а*) и дополнительного (*б*) полюсов электродвигателя:
1 — вывод; *2* — сердечник; *3* — заклепочный штифт; *4* — катушка главного полюса; *5* — прокладка; *6*, *7* — сердечник и катушка дополнительного полюса

ловину ширины ленты. Катушки совместно с сердечниками полюсов пропитаны в эпоксидном компаунде и представляют собой неразъемные моноблоки.

Воздушный зазор между якорем и главным полюсом равен 4 мм, а между якорем и дополнительным полюсом — 5,7 мм.

Щеточный аппарат состоит из траверсы поворотного типа, в которой закреплены четыре изоляционных пальца в виде стальной арматуры, опрессованной прессмассой, поверх которой размещены фарфоровые изоляторы. На пальцах закреплены четыре щеткодержателя, которые можно регулировать в радиальном направлении,

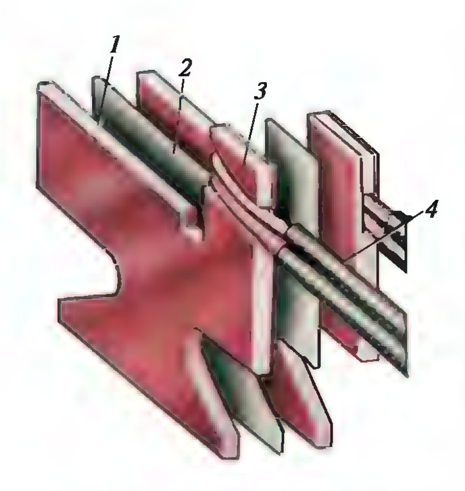


Рис. 64. Конструкция коллектора электродвигателя:
1 — коллекторная пластина;
2 — миканитовая пластина; 3 — клин;
4 — провод

в каждом щеткодержателе установлено по одной щетке ЭГ-61 размерами 10×25×50 мм.

Якорь двигателя состоит из коллектора (рис. 64); обмотки, уложенной в пазы сердечника, который набран в пакет из электротехнической стали толщиной 0,5 мм и имеет три ряда осевых отверстий диаметрами 22, 20, 18 мм для прохода вентилирующего воздуха, а также из передней и задней нажимных шайб, вентилятора и вала. Пакет якоря с нажимными шайбами и коллектор напрессованы на вал якоря. Коллектор двигателя набран из 343 медных пластин; диаметр его рабочей поверхности 390 мм. Медные пластины изолированы друг от друга миканитовыми прокладками, а от корпуса — миканитовыми манжетами и цилиндром.

Волновая обмотка якоря включает в себя 43 катушки, каждая из которых состоит из восьми секций и намотана из круглого провода ПЭТВСД диаметром 1,4 мм в два оборота. Соединение концов обмотки и клиньев с «петушками» выполняют пайкой оловом с флюсом КСп погружением в ванну.

Корпусная изоляция катушек состоит из шести слоев слюдяной ленты, одного слоя ленты из фторопласта и одного слоя стеклоленты толщиной 0,1 мм, уложенных с перекрытием в половину ширины ленты. Катушки якоря в пазах и лобовые части катушек закреплены стеклобандажной лентой. Для намотки стеклобандажной ленты на сердечнике якоря предусмотрены радиальные канавки.

В качестве якорных подшипников в электродвигателе применены роликовые подшипники. Со стороны коллектора установлен фиксирующий роликовый подшипник; со стороны, противоположной коллектору, плавающий. Наружные кольца подшипников запрессованы в подшипниковые щиты, изготовленные из стального

литья, а внутренние кольца напрессованы на вал якоря. Конструктивное исполнение подшипникового узла обеспечивает создание в нем камеры для смазки, а также уплотнение для предотвращения утечки смазки. Подшипниковые щиты прикреплены к остову шестью болтами М20 с пружинными шайбами. Подшипниковый щит со стороны коллектора имеет специальные приливы для крепления остова генератора управления НБ-110 (или ДК-405К). На конец вала со стороны, противоположной коллектору, насажен ротор центробежного вентилятора Ц13-50, закрепляемый гайкой, а на другой конец вала — якорь генератора НБ-110 (ДК-405К).

Вентиляция двигателя осуществляется встроенным вентилятором, который засасывает воздух через отверстия в подшипниковом щите со стороны коллектора и крышки коллекторного люка и удаляет его через отверстия сетки, установленной вокруг остова со стороны, противоположной коллектору.

4.5. Генератор управления НБ-110 (ДК-405)

Генераторы ДК-405 (установлены на электровозах ВЛ10 и ВЛ10у выпуска до октября 1976 г.) и НБ-110 (устанавливались с октября 1976 г.) предназначены для питания цепей управления, освещения и обмоток независимого возбуждения преобразователей НБ-436В. Технические данные генераторов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Технические параметры генераторов ДК-450К и НБ-110

Параметры	Ед. изм.	Значения параметров	
		ДК-450К	НБ-110
Мощность	кВт	4,5	8
Напряжение	В	50	64
Род тока		Постоянный	Постоянный
Ток якоря	А	90	125
Ток возбуждения	А	—	3,9
Частота вращения	об/мин	990	990
Сопротивление обмотки якоря при температуре 20 °С	Ом	0,0226	0,0222
Сопротивление катушек полюсов при 20 °С:	Ом		
главных		5,85	6,01
дополнительных		—	0,01316

Окончание табл. 4

Параметры	Ед. изм.	Значения параметров	
		ДК-450К	НБ-110
Класс изоляции обмоток:			
остова		F	F
якоря		B	B
Режим работы		Продолжительный	
Возбуждение		Независимое	
КПД		0,8115	0,825
Масса	кг	247	300

Конструкция. Генератор НБ-110 (ДК-405К) представляет собой четырехполюсную машину без дополнительных полюсов. Он состоит из остова, якоря и щеточного аппарата; своих подшипниковых щитов не имеет.

Остов генератора с торцовой стороны закреплен на подшипниковом щите электродвигателя ТЛ-110М, установленном со стороны коллектора. Остов отлит из стали 25Л-1 и имеет цилиндрическую форму. Сердечник главного полюса (рис. 65, *а*) набран из тонкой листовой стали Ст2 толщиной 1,5 мм и скреплен стальными заклепками. Каждый полюс к остову приакреплен двумя стальными болтами М16.

Катушка главного полюса намотана из обмоточного провода ПСД диаметром 2,1 мм и имеет 510 витков. Корпусная изоляция катушек выполнена из стеклослюдинитовой ленты в четыре слоя с перекрытием в половину ширины и пропитана совместно с полюсными сердечниками в эпоксидном компаунде ЭМТ-1 или ЭМТ-2. Катушки совместно с полюсными сердечниками представляют собой неразъемные моноблоки. Воздушный зазор между якорем и полюсами составляет 2,2 мм. Катушка дополнительного полюса (рис. 65, *б*) изготовлена из прямоугольного провода и имеет 18 витков. Корпусная изоляция выполнена из стеклослюдинитовой ленты в три слоя с перекрытием в половину ширины ленты. Катушки совместно с полюсными сердечниками также пропитана в эпоксидном компаунде и представляют собой неразъемные моноблоки. Воздушный зазор между якорем и сердечниками дополнительных полюсов равен 3 мм. Для обеспечения надежной коммутации при переходных режимах между остовом и дополнитель-

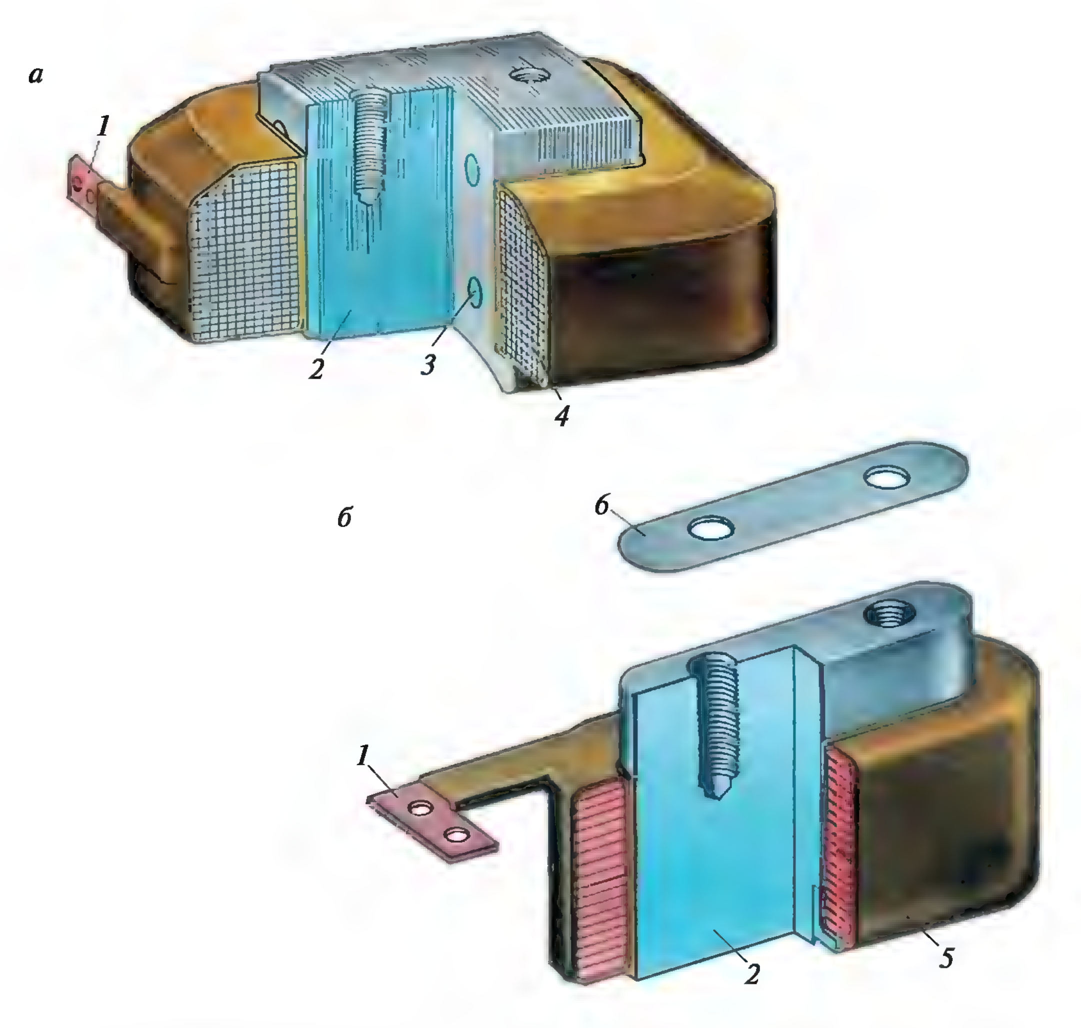


Рис. 65. Катушки главного (*а*) и дополнительного (*б*) полюсов генератора:
1 — вывод; *2* — сердечник; *3* — заклепочный штифт; *4* — катушка главного полюса; *5* — катушка дополнительного полюса; *6* — прокладка

ными полюсами установлены диамагнитные прокладки толщиной 1 мм. В остальном конструкция генератора НБ-110 идентична с генератором ДК-405К.

Якорь генератора насажен консольно на цилиндрическую часть вала электродвигателя ТЛ-110М и состоит из коллектора сердечника с обмоткой передней нажимной шайбы, напрессованных на втулку. Сердечник набран из электротехнической стали толщиной 0,5 мм.

Обмотка якоря волновая и состоит из 27 катушек, уложенных в пазы якоря. Соединение концов обмотки и клиньев с «петушка-

ми» коллектора выполнено пайкой оловом с флюсом КСп погружением в ванну. Катушка якоря в пазах и лобовые части катушек закреплены стеклобандажной лентой. Катушка якоря изготовлена из провода ПЭТВСД размерами 1,25×6,0 мм, имеет восемь элементарных проводников, расположенных по высоте в два ряда по четыре проводника в ряду. Корпусная изоляция состоит из двух слоев слюдяной ленты, одного слоя фторопласта, уложенных с перекрытием в половину ширины ленты, и одного слоя стеклоленты толщиной 0,1 мм, уложенной встык.

Коллектор генератора (рис. 66) состоит из 107 пластин, изолированных друг от друга миканитовыми прокладками и собранных в пластмассовом корпусе, являющемся несущим изолирующим элементом конструкции. Коллектор для насадки имеет стальную втулку.

Щеточный аппарат генератора состоит из траверсы поворотного типа, на которой укреплены четыре изоляционных пальца со

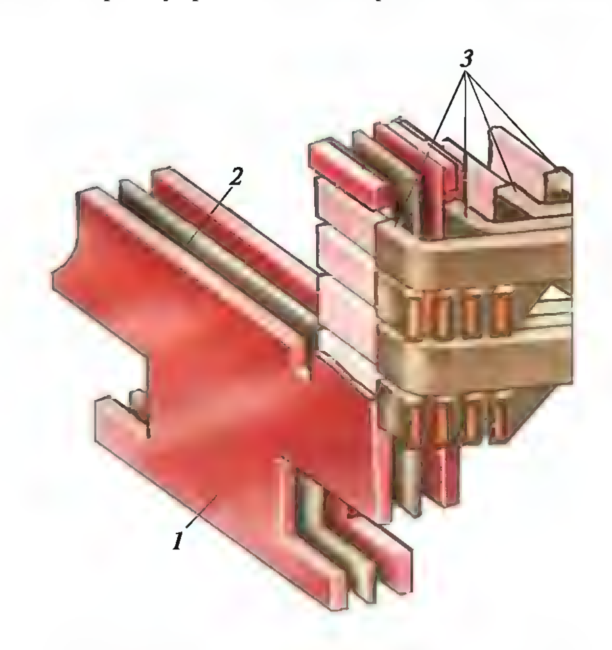


Рис. 66. Конструкция коллектора генератора:
1 — коллекторная пластина; *2* — миканитовая пластина;
3 — обмотка якоря

щеткодержателями. В щеткодержателях (рис. 67) установлены щетки ЭГ-2А размерами 16×2×32 мм. Генератор имеет независимую вентиляцию. Воздух через отверстия в крышке и крышках коллекторных люков поступает в генератор и затем затягивается через отверстия в подшипниковом щите электродвигателя ТЛ-110М.

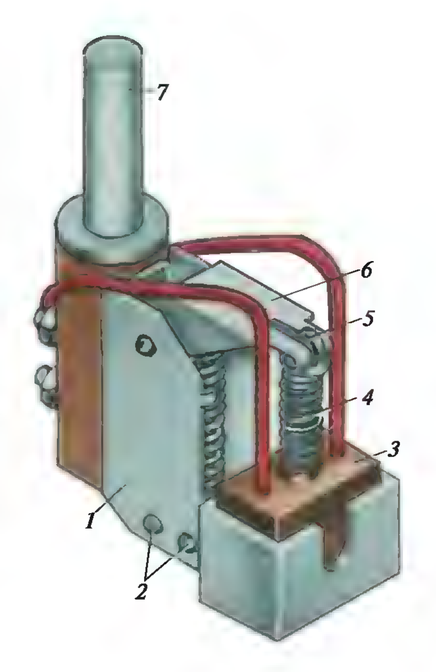


Рис. 67. Щетка генератора:
1 — коробка; *2* — заклепка щеткодержателя; *3* — щетка; *4* — пружина; *5* — держатель; *6* — рычаг; *7* — щеткодержатель

Сборку электродвигателя ТЛ-110М с генератором ДК-405К выполняют в такой последовательности. На остове электродвигателя запрессовывают и закрепляют подшипниковый щит со стороны коллектора. Затем остов устанавливают на специальный стеллаж щитом вниз, опускают якорь двигателя, запрессовывают и закрепляют подшипниковый щит со стороны, противоположной коллектору, после чего поворачивают электродвигатель в рабочее положение и закрепляют на валу якоря двигателя якорь генератора, устанавливают остов генератора, щеточный аппарат генератора и подсоединяют выводные концы, Демонтируют электродвигатель ТЛ-110М с генератором управления ДК-405К в обратной последовательности.

С целью повышения надежности работы на электровозах в настоящее время устанавливают генераторы управления НБ-110. В отличие от генератора ДК-405К генератор НБ-110, кроме четырех главных полюсов, имеет четыре дополнительных, изготовленных из толстолистовой стали Ст2. Остов генератора отлит из стали 25Л-1 или выполнен сварным из стального проката марки Ст3.

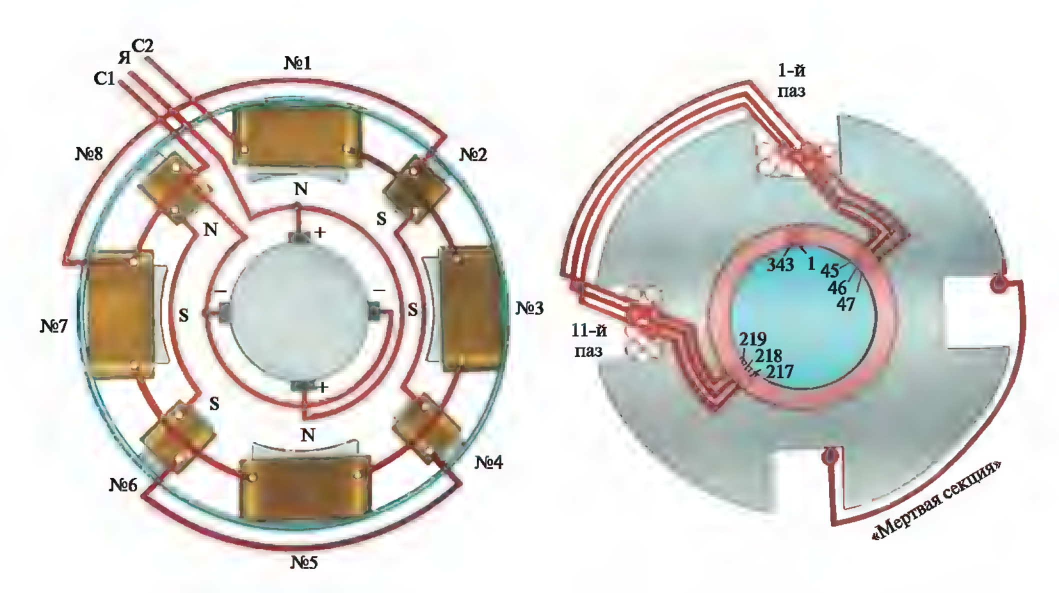


Рис. 68. Схема соединения катушек электродвигателя

Рис. 69. Схема соединения катушек якоря с коллекторными пластинами электродвигателя

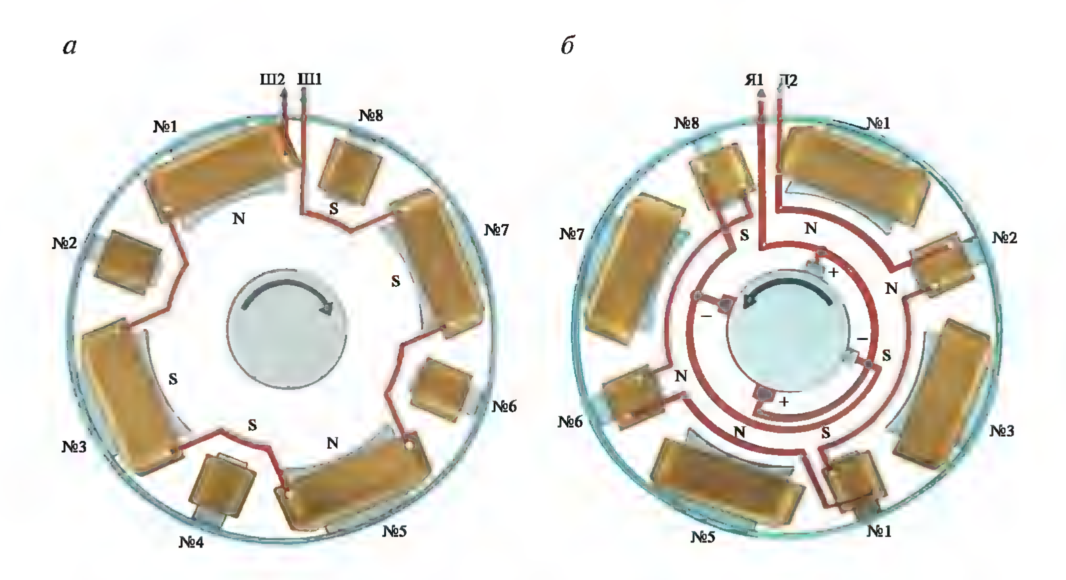


Рис. 70. Схемы соединения катушек главных (*а*) и добавочных (*б*) полюсов генератора

Сердечник главного полюса прикреплен двумя к остову стальными шпильками М16, а сердечник дополнительного — двумя латунными болтами М16.

Схема соединения катушек двигателя ТЛ-110М и генератора управления НБ-110 (ДК-405) приведены на рис. 68—71.

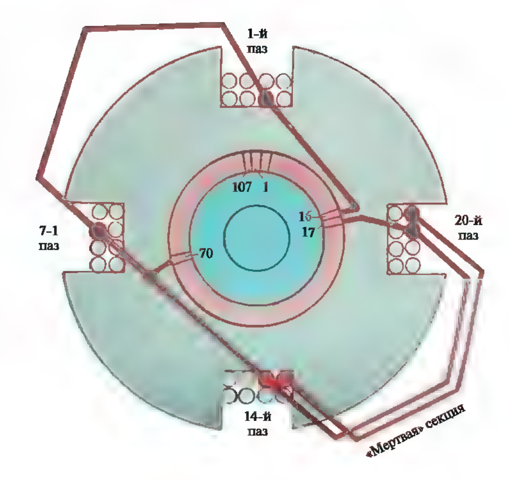


Рис. 71. Схема соединения катушек якоря с коллекторными пластинами генератора

4.6. Электродвигатель П-11М

Электродвигатель постоянного тока П-11М (рис. 72) служит приводом вспомогательного компрессора для подъема токоприемника в случае отсутствия сжатого воздуха в пневматической системе электровоза.

Технические характеристики электродвигателя

Мощность, кВт	0,5
Напряжение, В	50
Ток, А	14,8
Режим работы	кратковременный
Частота вращения, об/мин	2800
Класс изоляции по нагревостойкости	В
Масса, кг	18

Конструкция. Исполнение двигателя (рис. 73) — защищенное, горизонтальное, на лапах, с малым фланцем со стороны свободного конца вала, на двух подшипниках качения. Станина стальная, сварная, внутри станины смонтированы два главных полюса и один дополнительный. Сердечники главных и дополнительных полюсов набраны из листов электротехнической стали толщиной 2 мм, а сердечник якоря — из листов электротехнической стали



Рис. 72. Общий вид электродвигателя П-11М:
1 — корпус двигателя; *2* — распределительная коробка; *3* — вал; *4* — рым-болт

1212 толщиной 0,5 мм. Обмотка якоря закреплена в пазах клиньями. Якорь и полюсные катушки пропитаны в лаке МЛ-92 и окрашены эмалью ПКЭ-22. Якорь балансируется грузами в двух плоскостях. Остаточный небаланс со стороны коллектора должен быть не более 34,5 г·мм, со стороны вентилятора не более 45,7 г·мм.

Коллектор выполнен на пластмассе АГ-4В. На валу со стороны, противоположной коллектору, расположен вентилятор. Силуминовые подшипниковые щиты армированы стальными кольцами для усиления подшипников. Со стороны коллектора установлен шарикоподшипник 6302, а со стороны свободного конца вала — 6304. В электродвигателе предусмотрена возможность замены смазки подшипниковых узлов без их разборки.

Траверса — силуминовая, поворотная. На ней с помощью изолированных пальцев закреплены две пары щеткодержателей. В окна щеткодержателей вставлены четыре щетки ЭГ-4 размерами 8×10×25 мм. Нажатие щетки на коллектор должно быть в пределах 12—16 кН.

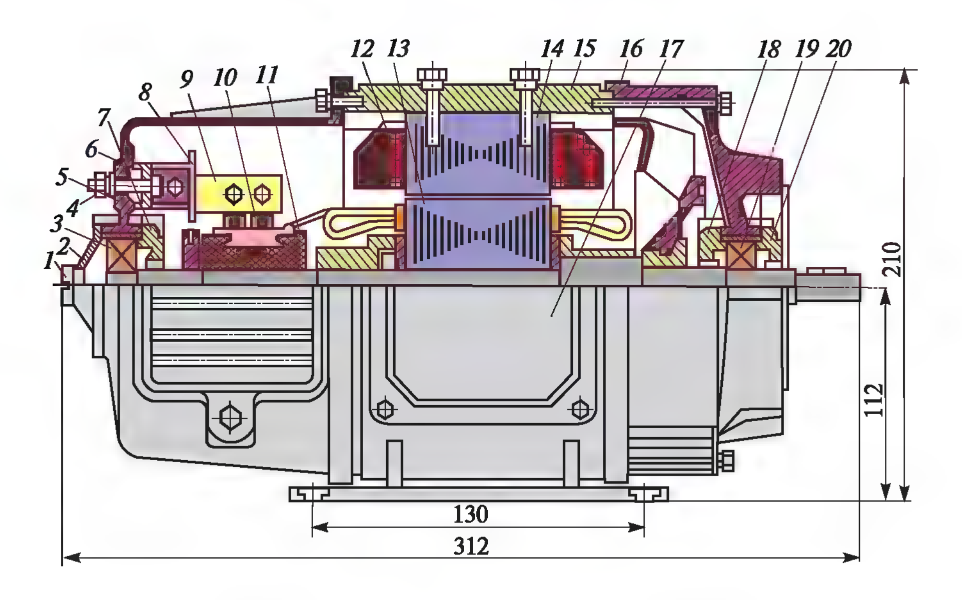


Рис. 73. Конструкция электродвигателя П-11М:
1 — винт; *2*, *7*, *11*, *17*, *18*, *20* — крышки; *3*, *19* — подшипники; *4* — болт; *5* — траверса; *6*, *16* — щиты подшипниковые; *8* — щеточный палец; *9* — щеткодержатель; *10* — щетка: *12*, *14* — катушка и сердечник полюса; *13* — якорь; *15* — станина

Выводная панель, на которой закреплены шесть выводных болтов и перемычки, изготовлена из прессматериала К-21-22. Устанавливая перемычки на соответствуюшие выводы, получают необходимое направление вращения двигателя. Схема соединения обмоток электродвигателя приведена на рис. 74.

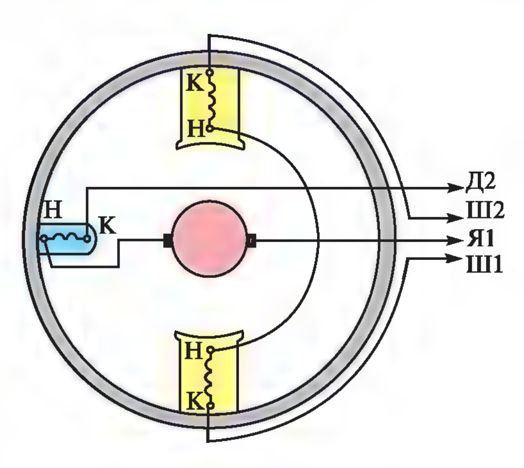


Рис. 74. Схема соединения обмоток электродвигателя

Глава 5. РЕМОНТ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН

5.1. Демонтаж, разборка и очистка вспомогательных машин

Для определения возможности испытания электродвигателя на холостом ходу сначала снимают кожух выводных проводов и крышку коллекторных люков и проводят внутренний осмотр, обращая особое внимание на рабочую поверхность коллекторов, бандажей якорей, крепление проводов, перемычек, щеткодержателей. Измеряют осевой разбег якоря в собранном виде, для чего сдвигают якорь до упора в сторону коллектора якоря мотора, а на корпусе реле оборотов закрепляют индикатор с помощью зажимов таким образом, чтобы наконечник измерительного стержня касался торцевой поверхности вала якоря, а стрелка индикатора была установлена на нулевом делении шкалы. Затем сдвигают якорь в сторону индикатора и по его показанию определяют величину осевого разбега якоря. Измерения проводят 2-3 раза, разбег якоря должен быть в пределах 0,15—0,8 мм. Проверяют работу подшипников при их кратковременной работе, для чего к мотору подводят напряжение 440 В постоянного тока. Подшипники должны работать без стука с равномерным характерным для них шумом. При ненормальном шуме и стуке подшипников необходимо выявить причину и устранить ее при ремонте. Измеряют также сопротивление изоляции с помощью мегомметра на напряжение 2,5 кВ (для мотора) и 500 В для (генератора). Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм для генератора и 3 МОм для двигателя.

Для измерения изоляции мотора необходимо один из проводов от мегомметра присоединить к выводному кабелю К, второй провод от мегомметра — к корпусу преобразователя.

Независимую обмотку мотора проверяют мегомметром на 500 В. Для проверки изоляции независимой обмотки необходимо один провод от мегомметра подсоединить к выводному кабелю Н1, а второй — к корпусу преобразователя.

Для проверки величины изоляции якоря и дополнительных полюсов генератора один провод от мегомметра присоединяют к выводному кабелю Я, а второй — к корпусу преобразователя. Для проверки изоляции противокомпаундных (дифференциальных, разностных) обмоток (изоляция проверяется мегомметром на 2,5 кВ) необходимо один провод от мегомметра присоединить к выводному кабелю Н2, а второй — к корпусу преобразователя. Для проверки величины изоляции второй группы противокомпаундных обмоток один провод от мегомметра присоединяют к выводному кабелю Н3, а второй — к корпусу преобразователя. Изоляция во всех случаях должна быть не менее 5 МОм. Для проверки независимых обмоток генератора один провод от мегомметра присоединяют к выводному проводу Н4, а второй — к корпусу преобразователя.

Демонтаж начинают с реле оборотов, затем снимают наружную крышку щита со стороны генератора, крышку щита с коллекторной стороны, торцевую шайбу и приставное кольцо. Измеряют радиальный зазор якорных подшипников пластинчатыми щупами, поместив их между внутренним роликовым кольцом и роликом в верхней части подшипника. Радиальный зазор в подшипниках должен быть в пределах 0,04—0,17 мм. Устанавливают на место приставное кольцо, торцевую шайбу и наружную крышку с коллекторной стороны и временно закрепляют. Провода отсоединяют, кронштейны вместе со щеткодержателями со стороны мотора снимают. Ставят преобразователь в вертикальное положение стороной мотора вниз, выпрессовывают подшипниковый щит со стороны генератора вниз. Проверяют резьбу в щите для установки отжимных болтов метчиками. Болты щита отвинчивают гайковертом, а выпрессовку щитов производят отжимными болтами, заворачивая их равномерно по две-три нитки, чередуя диаметрально противоположные болты во избежание перекосов щита. Навинчивают рым-болт на торец вала якоря на все нитки. Траверсу снимают и вынимают якорь из остова краном. Подъем якоря выполняют без рывков и толчков, вращая его и остерегаясь повреждений конуса, обмотки, коллектора, полюсов и других узлов. Опускают якорь на приспособление в вертикальном положении. Перед снятием кронштейнов шеткодержателей траверсу устанавливают и фиксируют на рамке в целях предупреждения повреждения коллектора якоря. Провода отсоединя-

ют, кронштейны с траверсы снимают и опускают якорь в горизонтальное положение. Отвинчивают болты, торцевую шайбу и приставное кольцо снимают. Подшипники и крышку также снимают. Внутренние кольца подшипников с стопорным кольцом со стороны якоря генератора выпрессовывают (при необходимости). Затем перекантовывают остов стороной двигателя вверх, выпрессовывают подшипниковый щит из остова со стороны мотора, проверяют состояние резьбы в щите метчиком. Выпрессовку производят отжимными болтами, ввертывая их равномерно, чередуя диаметрально противоположные болты по две три нитки во избежание перекоса щита. Щит снимают вместе с наружной и внутренней крышками и подшипником, после чего выпрессовывают подшипники.

Очистка электрической машины. В процессе эксплуатации на поверхности деталей и узлов ЭПС откладывается сухая или пропитанная влагой и маслом пыль, которая препятствует обнаружению дефектов и тем самым затрудняет выбор способа восстановления. Для качественного проведения технического обслуживания, ремонта и окраски подвижного состава его узлы и детали должны быть очищены от пыли, грязи, старой краски, коррозии и масел. Существует два способа очистки: механическая и физико-химическая.

К механической очистке условно относят: сдувание пыли сжатым воздухом, очистку механическим инструментом и абразивную очистку.

Способы физико-химической очистки деталей основаны на растворении загрязнения, нарушения его сцепления с поверхностью металла и удержание во взвешенном состоянии в растворе. При химической очистке используют растворы как щелочные для очистки обычного загрязнения с масляными пятнами и нагаром, так и кислотные для удаления накипи ржавчины и окислов; кроме того, применяют органические растворители. Для очистки и обмывки крупных деталей и узлов (тележек, колесных пар, кожухов редуктора, рам и блоков дизелей) используются моечные машины типов ММД-12Б, ММД-13. Моечная машина состоит из двух камер: очистной, в которой слой грязи омывается и размягчается, и обмывочной, где грязь смывается. При очистке ультразвуком у очищаемых поверхностей деталей создается интенсивное колебание раствора за счет ударных волн, возникающих при пропускании через раствор ультразвука. Под действием ультразвука в раст-

воре образуются области сжатия и разряжения, распространяющиеся по направлению ультразвуковых волн. В зоне разряжения, на границе между поверхностью деталей и жидкостью, образуется полость, куда под действием местного давления из-под капилляров выталкивается раствор и загрязнение.

На поверхностях деталей, омываемых при работе водой, образуется накипь; на поверхностях, омываемых маслом, возникают смолянистые отложения; на наружных поверхностях, подверженных воздействию влаги и воздуха, образуются окисления и коррозия. Все эти отложения удерживаются на поверхностях деталей за счет молекулярного сцепления в виде пленки и за счет шероховатой поверхности.

Очистку остова и якоря преобразователя производят в продувочной камере, сухим сжатым воздухом давлением 2-3 кг/см^2 снаружи и внутри. Перед продувкой остова шланг воздушной магистрали продувают от скопившейся влаги. Наконечник шланга при продувке необходимо держать на расстоянии не менее 150 мм от катушек остова.

5.2. Ремонт электрических машин

Ремонт остова. Осмотр остова проводят на стеллаже высотой 500—700 мм с помощью лупы 7-кратного увеличения. При деповском ремонте разрешается заварка следующих трещин:

– у отверстий под болты для крепления подшипниковых щитов и на кромке якорной горловины;

– у коллекторного или вентиляционного люков длиной не более 150 мм и не выходящих на ярмо остова.

Состояние резьбовых отверстий проверяют метчиком М20. При осмотре подшипниковых щитов обращают особое внимание на выявление трешин на поверхности гнезда под подшипник и в радиальном направлении от посадочной поверхности в остов до гнезда под подшипник.

Подготовку трешин под заварку и заварку их производят согласно «Инструкционных указаний ЦТ-251 от 1976 г.».

Якорные подшипники, не имеющие дефектов, после их проверки кратковременной работой, разрешается оставлять в щитах. Внутренние кольца, не имеющие дефектов и прочно сидящие на

валу, разрешается не выпрессовывать. При осмотре якорных подшипников в щитах необходимо убедиться, что на их рабочих поверхностях нет рисок и забоин.

Проверяют прочность посадки наружных обойм в щитах отстукиванием. При осмотре роликов особое внимание уделяют состоянию их сепараторов, отсутствию рисок, забоин на роликах.

Сетки должны быть надежно приварены и не иметь разрушений.

Крышки выправляют и проверяют на плотность прилегания к остову, трещины заваривают, замки восстанавливают.

Осмотр остова выполняют на кантователе или на подставках высотой 0,5—0,7 м. Наличие видимых следов смещения (натертости и зашлифованности на пружинных фланцах и поверхности катушек, ослабление диамагнитных угольников на сердечниках добавочных полюсов, появление ржавчины и др.) указывают на ослабление посадки катушки главных и добавочных полюсов. Окончательно прочность посадки катушек главных и добавочных полюсов на сердечниках проверяют после затяжки полюсных болтов.

Для проверки магнитной системы главных и добавочных полюсов двигателя необходимо: один из проводов от датчика генератора присоединить к выводному кабелю «К1, К2», а второй — к наконечнику вывода дополнительного полюса № 8, горизонтального правого, со стороны коллектора.

Для проверки магнитной системы полюсов независимой обмотки необходимо: один из проводов от датчика генератора присоединить к выводному кабелю Н1Н1, а второй — к выводному кабелю «Н1».

Ремонт катушек. При отсутствии витковых замыканий в катушках полюсов показания индикатора на всех полюсах электрической машины (по добавочным и главным раздельно) будут практически одинаковыми. Если показание индикатора на каком-нибудь из полюсов будет занижено более чем на 30 % от среднего значения показаний индикатора, то это указывает на наличие виткового замыкания в данной катушке.

Дефектные катушки подлежат замене. Сердечники полюсов с изломами или с трешинами или с завальцованными поверхностями, а также с ослабленными диамагнитными угольниками должны быть заменены.

Наконечники, имеющие вогнутость, выправить, зачистить, имеющие следы перегрева, шероховатости на рабочих поверхностях — облудить припоем ПОСТУ-40-0,5. В качестве флюса применяют 30—35%-ный раствор канифоли в бензине.

При смене дефектного наконечника провод обрезают у края негодного наконечника. Затем оголяют конец провода на 40 мм, снимают оплетку без повреждения резины на длине 20 мм до оголенного места, зачишают провода, облуживают жилы, насаживают новый наконечник и пропаивают.

Провода, имеющие излом жил более 10 %, а также с протертой и хрупкой потрескавшейся изоляцией подлежат замене. Восстановление выводных и межкатушечных соединений проводят согласно чертежам завода-изготовителя. При наличии потертости оплетки выводных проводов в месте выхода их из остова разрешается заизолировать прорезиненой лентой или пропитанной киперной лентой. Слабосидящие в отверстиях остова резиновые втулки заменяют. Восстановление изоляции проводов выполняют, если длина места повреждения составляет не более 100 мм. Для этого изоляцию провода в месте повреждения вырезают, края основной изоляции срезают на конус до 20—25 мм, накладывают новую изоляцию плотно, без трещин в полуперекрышу, последовательно от одного края вырезанной части к другому. Каждый слой промазывают имеющимся лаком. Обшая толшина наложенных слоев должна быть в уровень с основной изоляцией провода.

Крепление проводов должно быть прочным и исключать возможность вибрации, истирания, а также напряженного состояния мест соединений. Запрещается изгибать провода ближе 50 мм от наконечника, применять при креплении проводов к остову ленты, способные вытягиваться (киперные и др.).

Измерение расстояний производят штихмассом (нутромером). Расстояние между главными полюсами со стороны мотора должно быть в пределах 429,3—428 мм, а со стороны генератора — в пределах 430,3—429 мм. Расстояние между добавочными полюсами со стороны мотора должно быть в пределах 433,3—432 мм, а со стороны генератора — в пределах 432,3—431 мм.

Ремонт якоря. Измерение сопротивления изоляции якоря мотора выполняют мегомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротив-

ление изоляции при рабочей температуре, измеряемое мегомметром на 60-й секунде приложенного напряжения, не должно быть менее 5 МОм.

Для проверки сопротивления изоляции необходимо один щуп мегомметра присоединить к коллектору якоря, а второй — к валу якоря. После проверки необходимо немедленно разрядить обмотку якоря путем соединения вала с коллектором изолированным проводом с оголенными концами, накладывая сначала один конец провода к валу, а вторым касаясь коллектора.

Измерение сопротивления изоляции якоря генератора выполняют мегомметром на 500 В, при этом величина сопротивления должна быть не менее 0,5 МОм. При заниженной изоляции якоря его необходимо отправить на сушку.

Проверяют крепление коллекторных болтов путем их остукивания. При этом вибрация болтов указывает на их ослабление.

Проверку на межвитковое замыкание секций обмотки якорей производят с использованием импульсной установки. Обрыв секций якорей проверяют методом падения напряжения. Отклонение стрелки прибора (милливольтметра) от средних показаний не должно быть более 20 %. Пропайка секций в «петушках» коллекторов производится электродуговым паяльником.

Ремонт изоляции между коллекторными пластинами выполняют методом «продорожки» на специальных станках на глубину 1,3—1,5 мм. После «продорожки» якорь продувают сжатым воздухом. Затем снимают фаски на коллекторных пластинах на высоту 0,2 мм под углом 45°.

Шлифовку коллектора производят на токарном станке шлифовальной бумагой на стеклянной основе.

Продувку выполняют сухим сжатым воздухом давлением 0,2—0,3 МПа. Наконечник резинового шланга необходимо держать не ближе 120—150 мм от коллектора.

Проверяют резьбу вала якоря леркой М48×2. Срывы витков резьбы вала якоря не допускаются.

Сборка преобразователя начинается с запрессовки подшипников. При подборе подшипника необходимо учесть, что радиальный зазор должен быть в пределах 0,045—0,18 мм, а натяг внутреннего кольца на валу якоря — в пределах 0,012—0,055 мм.

Устанавливают на кантователь остов преобразователя, проворачивают его в вертикальное положение, стороной генератора вниз и напрессовывают подшипниковый щит со стороны двигателя с помощью болтов для его крепления гайковертом. Болты ввинчивают равномерно, чередуя диаметрально противоположные, по 2—3 нитки, во избежание перекоса щита. После этого остов преобразователя переставляют стороной генератора вверх, собирают подшипниковый узел на валу якоря со стороны двигателя, устанавливают траверсу генератора на подставку и плавно, без рывков, опускают якорь, вращая его и остерегаясь повреждений подшипника, обмотки якоря, коллектора. После опускания якоря запрессовывают подшипниковый щит со стороны генератора. Устанавливают двигатель в горизонтальное положение, снимают наружную крышку со стороны генератора и измеряют радиальный зазор между внутренним роликовым кольцом и роликом в верхней части подшипника с помощью щупа. Величина зазора в собранном виде допускается в пределах 0,04—0,17 мм. Измеряют также осевой разбег якоря, величина которого допускается в пределах 0,15—0,8 мм.

После этого устанавливают кронштейны щеткодержателей двигателя и измеряют расстояния между шеткодержателем и рабочей поверхностью коллекторов и доводят их до нормы. Измеряют также расстояния между корпусом щеткодержателя и петушками коллектора. У двигателя и генератора расстояние от коллектора до щеткодержателя должно быть в пределах 3—5 мм. Перекос щеткодержателя допускается не более 1 мм (по длине щеткодержателя и по длине коллектора у двигателя). Перекос кронштейна у генератора допускается не более 1,5 мм по длине коллектора.

Расстояние от щеткодержателя до «петушков» коллектора двигателя в крайнем положении якоря в сторону щеткодержателя допускается не менее 7 мм, свес щеток с коллектора не допускается. Расстояние от щеткодержателя до «петушков» коллектора генератора в крайнем положении якоря в сторону щеткодержателей допускается не менее 12,5 мм, свес щеток над коллектором не допускается.

Затем притирают щетки, при этом площадь их прилегания по коллектору должна быть не менее 85 %. Проверяют также биение коллекторов якорей, которое должно быть не более 0,06 мм при измерении по рабочей поверхности в собранном преобразователе.

Траверсу на нейтраль у двигателя НБ-436 устанавливают следующим образом.

Подключают к выводным клеммам проводов «Н1 и Н1Н1» напряжение 6 В постоянного тока и подсоединяют к двум смежным щеткодержателям провода от милливольтметра. Поворачивая траверсу со шеткодержателями по коллектору, находят такое положение, при котором отклонение стрелки было бы равно 0. Милливольтметр должен иметь двухстороннюю шкалу с нулем посередине (например М330 на 15—20 мВ). Установка щеткодержателей по нейтрали считается правильной, если стрелка милливольтметра не отклоняется или отклоняется незначительно от нулевого положения. Фиксируют болтом траверсу в нулевом положении и закрепляют ее окончательно на подшипниковом щите.

Ремонт других вспомогательных электрических машин выполняют аналогичным образом.

Глава 6. ИСПЫТАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Испытание преобразователя НБ-436. Измерения омического сопротивления и сопротивления изоляции выполняют с помощью моста Р-333 и мегомметра М 4100.

Омическое сопротивление обмоток должно быть (Ом):
- якоря двигателя — 6,31;
- якоря генератора — 0,0031.

Сопротивление главных полюсов (Ом):
- двигателя — 1,085;
- генератора — 0,00132.

Сопротивление обмоток независимого возбуждения (Ом):
- двигателя — 3,85;
- генератора — 0,608.

Сопротивление дополнительных полюсов (Ом):
- двигателя — 1,695;
- генератора — 0,00174.

Преобразователь как электрическая машина может работать и в режиме двигателя, и в режиме генератора. Обе электрические машины соединяются между собой механически с помощью муфты и работают одновременно: сначала одна в режиме генератора, а другая — в режиме двигателя, затем наоборот.

Преобразователи включают в сеть путем подключения проводов обоих преобразователей (ПР) к колонкам стенда согласно маркировки выводов.

Поочередно запускают и проверяют оба ПР и убеждаются в правильности их сборки и схемы. Производят измерения токов генераторов на всех позициях реостата независимой обмотки генератора. Характеристики генераторов не должны отличаться друг от друга более чем на 50 А. При большей разнице затрудняется пуск ПР для работы на взаимную нагрузку; кроме того, в этом случае необходимо подстраивать генераторы друг к другу. Нормальная работа генераторов получается при токе на последней ступени 800±20 А.

Испытание на нагрев производят путем запуска преобразователей для работы методом взаимной нагрузки в следующем порядке:

– включают рубильник взаимной нагрузки;

– запускают первый преобразователь и после набора нормальных оборотов отключают от контактной сети контактором. Затем пакетным переключателем вводят в работу второй мотор-генератор (МГ-2) и включением контактора запускают второй преобразователь (ПР-2); при этом начинают работать оба ПР в моторном режиме;

– реостатом возбуждают генераторы и устанавливают ток нагрузки генераторов 800 А.

Продолжительность испытаний на нагревание составляет 1 ч. Поочередно запуская преобразователь, снимают нагрузочные характеристики каждого генератора. Характеристики не должны отличаться друг от друга более чем на 50 А на всех позициях реостата. В случае необходимости регулируют токи смещением траверс генераторов. При снятии характеристик при токе 250 А в противокомпаундных обмотках они также не должны отличаться друг от друга более чем на 50 А.

При снятии характеристик в противокомпаундных обмотках определяется тип преобразователя. Если нагрузочный ток при противотоке 250 А появляется на второй позиции реостата, то преобразователь относят к группе (типу) В, на шестой позиции — к типу А или М.

Регулировку реле оборотов осуществляют путем его подключения, затем запускают преобразователь ПР-1 его выключателем и отключают питание обмотки независимого возбуждения Н1, Н1Н1. При этом преобразователь ПР должен пойти в разнос, а реле оборотов должно отключить ПР от сети при 2000 об/мин. Проверяют и регулировку реле оборотов ПР-2, при этом одновременно проводят испытание на повышенные обороты ПР при 1800 об/мин.

При повышенном напряжении 4000 В проверяют коммутацию пятикратным повторным пуском ПР. При этом не должен возникать круговой огонь. На всех режимах испытания коммутация двигателей и генераторов должна быть не более $1^{1/2}$.

Остановку преобразователей производится отключением от сети ПР контактором и быстродействующим выключателем (БВЗ). При остановке ПР проверяют биение щеток и работу подшипников.

В конце испытаний отключают ПР от колонок и пломбируют реле.

После отключения обмоток от колонок и производят повторное измерение омических сопротивлений и сопротивлений изоляции обмоток.

Обмотки Я, КК, Н2, Н3 испытывают напряжением 6 кВ в течение 1 мин, а Н1, Н1Н1; Н4, Н4Н4; Я2, ЯЯ2 — мегомметром на напряжение 2,5 кВ.

Испытание мотор-вентилятора ТЛ-110 и генератора ДК-405К. Измеряют омическое сопротивление и сопротивление изоляции с помощью моста Р-333 и мегомметра М 4100.

Омическое сопротивление для ТЛ-110 должно быть (Ом):

– обмотки якоря — 2,79;

– главных полюсов — 2,944;

– дополнительных полюсов — 1,005.

Омическое сопротивление для ДК-405К (Ом):

– якоря — 0,0226;

– полюсов — 5,85.

Испытание на нагрев осуществляют методом взаимной нагрузки путем включения быстродействующего выключателя (БВЗ), магнитного контактора (МК). После автоматического включения нагрузки устанавливают реостатом возбуждения нагрузочного генератора часовой ток нагрузки 20,6 А и производят испытание на нагрев в течение 1 ч.

Генератор ДК-405К нагружают током 90 А при напряжении 50 В, регулировку производят реостатом от постороннего возбуждения, после проверки правильности подключения и работы возбуждение генератора переключают на серпесный угольный (СРН) и бесконтакный (БРН) регуляторы напряжения.

Проверку коммутации выполняют в двух режимах:

– двигатель должен быть включен на U = 3000 В при полуторократной силе тока (31 А), а генератор управления — на U = 50 В и I = 135 А в течение 1 мин. Нагрузку при этом регулируют реостатом возбуждения нагрузочного генератора и реостатом возбуждения генератора управления;

– при напряжении 4000 В производят кратковременный пятикратный пуск подряд.

Коммутация считается удовлетворительной, если при испытании не возникает кругового огня. При степени искрения 1; $1^{1/4}$; $1^{1/2}$ мотор-вентиляторы разрешается эксплуатировать.

Генераторы ДК-405 должны иметь показатель коммутации не более 1.

Испытание на повышенное число оборотов осуществляют снижением тока нагрузки мотор-вентилятора, доведением скорости вращения до 1785 об/мин и испытанием в течение 2 мин. При окончании испытаний на коллекторе не должно быть следов кругового огня. Подшипники должны работать без стука, температура нагрева подшипников не более +95 °С. Проверяют также электрическую прочность изоляции.

Испытание мотор-компрессоров НБ-431 и ТЛ-122. Измеряют омическое сопротивление и сопротивление изоляции с помощью моста Р-333 и мегомметра М 4100.

Омическое сопротивление мотор-компрессоров должно быть (Ом):

– обмотки якоря — 22,0;

– главных полюсов — 12;

– дополнительных полюсов — 6.

Допускается отклонение от указанных норм в пределах ±10 % .

Минимальное сопротивление изоляции должно быть не менее 3 МОм.

Испытание мотор-компрессора (МК) на нагрев и повышенную частоту вращения производят предварительно без компрессора КТ-6Л, под нагрузкой, на стенде испытания мотор-вентиляторов.

Испытания на нагрев двигателя выполняют методом взаимной нагрузки в течение 30 мин.

Испытание на повышенную частоту вращения производят в течение двух минут при $N = 1000$ об/мин.

Проверяемая коммутация двигателя должна быть не более $1^1/_2$. В случае плохой коммутации настройку осуществляют смещением траверсы.

Коммутацию проверяют пятикратным пуском подряд при $U = 4000$ В.

Испытание электрической прочности изоляции выполняют переменным током 6 кВ в течение 1 мин.

Испытание мотор-компрессора в сборе осуществляют подключением электромагнитного контактора МК к колонке стенда, а компрессора — к воздушной сети.

При работе мотор-компрессора проверяют уровень масла, работу предохранительных клапанов, слушают работу подшипников мотора и компрессора, клапанов и шатунно-кривошипного механизмов компрессора, измеряют производительность КТ-6Л. Время заполнения ресиверов от 7 до 8 кг/см^2 должно быть не более 8 с.

Устанавливают давление воздуха 10 кг/см^2 и испытывают компрессор в течение 30 мин, при этом температура воздуха должна быть не более 130 °С, температура масла — не более 90 °С и давление масла — не менее 2,5 кг/см^2. В конце испытания МК отключают от стенда и разбирают трубопровод.

Также в конце испытания производят замер омического сопротивления обмоток и сопротивления изоляции, значение которой должно быть не менее 3 МОм. Испытывают изоляцию обмоток на электрическую прочность напряжением 6 кВ в течение 1 мин.

Испытание электродвигателя П-11 М. Электродвигатель устанавливают на стенд и подключают к схеме испытательной станции, для нагрузки соединяют с компрессором КБ-100 ременной передачей и испытывают 30 мин. При этом проверяют работу подшипников и коммутацию. При степени искрения 1, $1^{1}/_{4}$, $1^{1}/_{2}$ допускается эксплуатация двигателя. После окончания испытания сопротивление изоляции обмоток должна быть не менее 0,5 МОм.

Глава 7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПЫТАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Испытание электрических машин на стендах. Перед началом испытаний необходимо проверить правильность сборки схемы, исправность заземления, ограждений, наличие и исправность защитных средств и кожухов, действие сигналов и блокировок, отсутствие посторонних людей.

Надо также предупредить устно бригаду: «Подаю напряжение».

Испытания электрических машин необходимо проводить только в соответствии с технологическими правилами испытаний.

В случае возникновения неполадок надо немедленно отключить испытание ТЭД кнопкой «экстренная остановка», вспомогательных машин — кнопкой БВЗ, а после окончания испытаний снять напряжение с испытуемых машин, отключить от сети 380 В линейный генератор, вольтдобавочную машину (ВДМ) и трансформаторы возбуждения. После полной остановки испытуемых машин необходимо разблокировать и разобрать схему.

Испытание электрической прочности изоляции. Перед началом испытаний необходимо убедиться в наличии и исправности защитных средств, заземляющих устройств стендов, проверить исправность блокировок и сигналов, убедиться в отсутствии посторонних людей на испытательной станции, убедиться в том, что кабель высокого напряжения заземлен. Присоединить кабель к испытуемой электрической машине после объявления «Подано высокое напряжение». В высоковольтной камере (ВВК) включить трансформатор и постепенно поднять испытательное напряжение до нормы. После одноминутного испытания уменьшить напряжение до 0, снять напряжение 380 В, заземлить кабель и разблокировать ВВК. Сообщить бригаде: «Напряжение снято». Отсоединить высоковольтный кабель от объекта испытания. Во время проверки электрической прочности изоляции персоналу станции ходить по территории испытательной станции запрещается.

Приложение 1

Таблица П1

Омическое сопротивление обмоток при выпуске электрических машин из ТР-3

№ п/п	Тип электрической машины	Сопротивление главных полюсов, Ом		Сопротивление дополнительных полюсов, Ом	Сопротивление якоря, Ом
1	ТЛ-2К1	0,0268		0,0365	0,0317
2	ТЛ-110	2,94		1,005	2,79
3	ДК-405К	5,85		—	0,0226
4	НБ-431	12,0		6,0	22,0
5	НБ-436 В	Последовательное возбуждение	Независимое возбуждение		
	Двигатель	1,085	3,85	1,695	6,31
	Генератор	0,00132	0,608	0,00174	0,0031

Примечание. Допускаемое отклонение от номинального значения ±10 %.

Приложение 2

Таблица П2

Нормы допусков износов электрических машин

№ п/п		ТЛ-2К1	ТЛ-110	ДК-405К	НБ-431	НБ-436	
						двигатель	генератор
1	Расстояние от корпуса щеткодержателя до коллектора, мм	2,0—4.0	3,0—5.0	2,0—4.0	3,0—5.0	3,0—5.0	3,0—5,0
2	Зазор между «петушками» и корпусом щеткодержателя, мм	не менее 4,5	6,5—8.0	4,0	4,0	6,1—8.7	12,8—14.2
3	Биение коллектора якоря, мм	0,08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
4	Осевой разбег якоря, мм	6,3—8,0	0,15—0,8	0,15—0,8	0,15—0,8	0,15—0,8	0,15—0,8

№ п/п		ТЛ-2К1	ТЛ-110	ДК-405К	НБ-431	НБ-436	
						двигатель	генератор
5	Нажатие пальцев щеткодержателей, Н	3,1—3,7	1,2—1,5	0,65—1,0	1,0—1,5	1,0—1,2	1,0—1,2
6	Высота щетки, мм	60	49—51	50	49—51	50	32
7	Глубина «продорожки» коллектора, мм	1,2—2,0	1,0—1,5	1,0—1,5	1,0—1,5	1,0—1,5	1,0—1,5
8	Глубина выработки рабочей поверхности коллектора, мм	0	0	0	0	0	0
9	Глубина канавки коллектора у «петущков», мм	3,7—4,3	4.0—7,0	3.0—6,0	4.0—6,0		
10	Зазор между щеткой и щеткодержателем, мм:						
	по толщине щетки	0,08—0,33	0,055—0,41	0,055—0,41	0,055—0,41	0,055—0,41	0,072—0,43
	по щирине щетки	0.17—0,8	0.08—0,73	0.08—0,73	0.08—0,73	0.08—0,7	0.1—0,75
11	Зазор между якорем и:						
	главными полюсами, мм	4,0—4,5	не менее 3,0	не менее 2,0	не менее 2,0	3,0	3,0
	дополнительными полюсами, мм	6,3—7,0	2,5	2,2	5,0	4,0—4,5	4,5—5,0
12	Ширина окна щеткодержателя, мм	$16^{+0,2}_{+0,032}$	$100^{+0,3}_{+0,025}$	$8^{+0,3}_{+0,025}$	$100^{+0,3}_{+0,025}$	$100^{+0,3}_{+0,025}$	$16^{+0,2}_{+0,032}$
13	Длина окна щеткодержателя, мм	$100^{+0,5}_{+0,072}$	$32^{+0,6}_{+0,05}$	$25^{+0,6}_{+0,04}$	$32^{+0,6}_{+0,05}$	$25^{+0,6}_{+0,04}$	$32^{+0,6}_{+0,05}$
14	Диаметр коллектора, мм	662,5—633	374—391	205—226	374—391	374—391	364—381

Рекомендуемая литература

1. Электровозы ВЛ10 и ВЛ10У. Руководство по эксплуатации / Под ред. О.А. Кикнадзе. — М.: Транспорт, 1981. — 519 с.

2. *Грищенко А.В., Стрекопытов В.В.* Электрические машины и преобразователи подвижного состава: учебник для студ. средн. проф. образования. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 320 с.

3. *Дайлидко А.А., Дайлидко О.А.* Электрические машины. — М.: ГОУ УМЦ ЖДТ, 2002. — 43 с.

4. *Грищенко А.В., Козаченко Е.В.* Новые электрические машины локомотивов: учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта. — М.: ГОУ УМЦ ЖДТ, 2008. — 271 с.

5. *Петропавлов Ю.П.* Технология ремонта электроподвижного состава. — М.: Маршрут, 2006. — 430 с.

6. *Кацман М.М.* Электрические машины. — М.: Высшая школа, 2006. – 469 с.

7. Руководство по техническому обслуживанию и текущему ремонту электровозов постоянного тока РД.11.302.2004.

8. Правила текущего ремонта электрических машин ЦТ-725. 1999.

9. *Ермишкин И.А.* Школа молодого машиниста // Локомотив. — 2008. — № 6—12; 2009. — № 1—12; 2010. — № 1—8.

Оглавление

Учебное издание

Мукушев Турлыбек Шайзадинович
Писаренко Сергей Александрович

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ВЛ10, ВЛ10^{У}, ВЛ10^{К}, ВЛ11. КОНСТРУКЦИЯ И РЕМОНТ

Учебное пособие

Подписано в печать 26.07.2013 г.
Формат 60×84/16. Печ. л. 8,0. Тираж 1400 экз. Заказ
ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»
105082, Москва, ул. Бакунинская, д. 71
Тел.: +7 (495) 739-00-30,
e-mail: info@umczdt.ru,
http://www.umczdt.ru

Для заметок